

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

*Національний технічний університет
України «Київський політехнічний інститут»*

Харківський національний університет радіоелектроніки

*Національний науковий центр
“Інститут метрології”*

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

Матеріали III Всеукраїнської
науково-технічної конференції

08-09 грудня 2016 року

Харків

2016

Організаційний комітет:

Голова - проф. Сокол Євген Іванович, НТУ «ХПІ»

Заступник голови - проф. Марченко Андрій Петрович, НТУ «ХПІ»

Заступник голови - проф. Гапон Анатолій Іванович, НТУ «ХПІ»

Учений секретар - доц. Чуніхіна Тетяна Віталіївна, НТУ «ХПІ»

Редакційна колегія:

П.О. Качанов, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»

С.І. Кондрашов, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»

Г.М. Сучков, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»

О.Г. Гриб, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»

О.Л. Резинкін, д.т.н., с.н.с., НТУ «ХПІ»

А.В. Кіпенський, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»

Д.А. Дзюбанов, к. ф.-м.н., доц., НТУ «ХПІ»

Видається за рішенням Вченої ради НТУ «ХПІ»
(протокол № 9 від 25.11.2016)

Актуальні проблеми автоматики та приладобудування : матеріали Всеукр. наук.-техн. конфер., 08-09 грудня 2016 р. / Є.І. Сокол (голова оргком.) – Х. : , 2016. – 224 с.

У збірнику представлено теоретичні та практичні результати досліджень і розробок, які виконані викладачами вищої школи, студентами, аспірантами, науковими співробітниками різних організацій та підприємств.

Для викладачів, студентів, наукових співробітників, фахівців.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты исследований и разработок, выполненных преподавателями высшей школы, студентами, аспирантами, научными сотрудниками различных организаций и предприятий.

Для преподавателей, студентов, научных сотрудников, специалистов.

СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОГО РОБОТА

Ащепкова Н.С., Капера С.С.

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара,
м. Дніпро, пр. Гагаріна, 72*

E-mail: ashhepkova_natalja@rambler.ru

Із усього спектра існуючих робототехнічних засобів можна виділити особливий клас - орієнтований на освітні цілі. Це різноманітні рухливі платформи, набори механічних і (або) електронних компонентів, конструктори роботів [1]. Проведений аналіз [4] оглядів різних платформ і конструкторів дозволяє виділити конструктор Lego Mindstorms NXT 2.0, який охоплює основні розділи робототехніки: механіку, електроніку і програмування. Поширенню Lego Mindstorms NXT 2.0 сприяє наявність у базовому комплекті мікроконтролера, двигунів, 4 різноманітних датчиків та деталей для конструювання [2]. Для більш досконалих моделей комплектуючі можна замовити на офіційному сайті Lego [5].

Система управління дозволяє реалізувати структури з П, ПД та ПІД-регуляторами [3, 6, 7]. Програмування може здійснюватись більш ніж на 10 мовах програмування.

Постановка задачі керованого руху моделі транспортного робота.

Модель транспортного робота встановлюється у центр рингу (рис. 1). Мета робота виштовхнути усі кеглі за межі рингу за найменший проміжок часу. На очищення рингу від кеглів дається не більш 2 хвилин. Якщо робот виходить за межі кола більш ніж на 5 с, спроба вважається не вдалою і не зараховується. Модель роботу, по умовам змагання, не може мати маніпулятор.

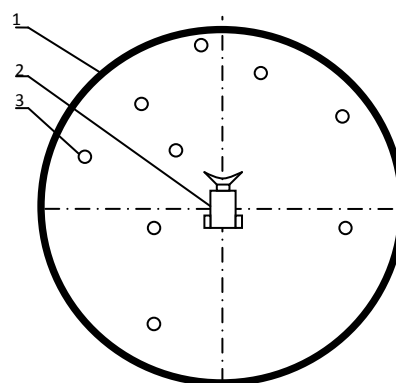


Рисунок 1 – Завдання для моделі транспортного робота: 1 - предметна область (ринг), 2 – робот, 3 - кеглі.

Методи дослідження. Розглянуто три стратегії керованого руху моделі транспортного робота на основі Lego Mindstorms NXT 2.0. Реалізація наведених стратегій вимагає одночасного виконання декількох функцій:

– запит датчиків у пошуку об'єкту (кеглі),

- аналіз сигналу відгуку,
- аналіз напрямку та відстані до об'єкту,
- аналіз та розрахунок потужності, обертаючого моменту та часу витримки для приводів коліс,
- здійснення переміщення,
- запит датчиків для аналізу розташування робота у межах робочої зони,
- обрання найкоротшого маршруту для виштовхування об'єкту (кегли) за межі робочої зони,
- транспортування об'єкту (кегли) за межі робочої зони.

В [8] автор доводить, що подібні ресурсомісткі завдання при передачі даних за допомогою бездротового з'єднання Bluetooth, значно погіршують керованість моделі, та понижають швидкодію. Застосування передачі даних за допомогою USB - кабелю обмежує дальність роботи від комп'ютера максимальною довжиною кабелю, яка становить п'ять метрів [2, 6, 7]. При реалізації стратегії руху кабель може зачепитися за кеглі і сприяти як її виштовхуванню, так і повторному зачепуванню. В [3] автор пропонує адаптивну систему керування для моделі робота-навантажувача.

Висновки Для підвищення швидкодії необхідно скоротити час, який витрачається на аналіз інформації з датчиків, планування і дотримання траєкторії руху. Система керування має бути надійною, а стратегія руху – простою. Для оптимізації руху за критерієм швидкодії доведено ефективність застосування адаптивної системи керування на основі ПД – регулятора.

Список літератури:

1. Каталог электронщик. Раздел робототехника. <http://www.electronshik.ru>
2. Сайт конструктора Lego Mindstorms NXT <http://www.mindstorms.com>
3. Ащепкова. Н. С. розробка адаптивної системи керування моделі робота-навантажувача на базі Lego Mindstorms NXT. / Н. С. Ащепкова // Восточно – Европейский журнал передовых технологий. – 2015. - № 5 (7) 77.- С.54-63.
4. Перспективы развития робототехнических учебных стендов для высшего специального образования в области робототехники, автоматики и мехатроники / В. А. Жмудь, А. Л. Печников, В. Г. Трубин, А. Б. Колкер // Труды конференции Scientific World - Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте. <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/technical-sciences-212/informatics-computer-science-and-automation-212>
5. Интернет магазин конструктора Lego Mindstorms. <http://shop.lego.com>
6. Филиппов С. А. Робототехника для детей и родителей / С. А. Филиппов – СПб.: Наука. – 2013. – 319 с.
7. Сайт образовательных программ корпорации Lego. <http://www.legoeducation.com>
8. Дусеев В. Р. Управление роботом Lego NXT посредством Bluetooth. / В. Р. Дусеев // Вестник науки Сибири. – 2014. - № 2 (12).- С.147-153.

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ НЕРІВНОСТЕЙ ДОРІГ ТА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Бурау Н.І., Вознюк А.І.

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 03056, м. Київ,
просп. Перемоги 37, burau@pson.ntu-kpi.kiev.ua, ai_voznyk@ukr.net*

Активний розвиток промисловості призвів до появи великої кількості обладнання, що розміщується на наземних рухомих об'єктах. Створення систем стабілізації та наведення для такого обладнання з високими показниками якості керування на сьогоднішній день являється актуальним завданням приладобудування. Наземні транспортні засоби зазвичай є складними динамічними об'єктами з великою кількістю взаємопов'язаних елементів конструкції, динамічні характеристики яких є складними та різноманітними. До характерних особливостей експлуатації наземних рухомих об'єктів відносяться зовнішні збурення, зумовлені середовищем використання, а також динамікою руху об'єкта. Для покращення експлуатаційних характеристик систем стабілізації та наведення обладнання на таких об'єктах необхідно врахування динамічних характеристик об'єктів та профілю місцевості з нерівностями, які у сукупності можуть розглядатись як джерело неконтрольованих збурень. Саме тому, визначення впливу, якому піддаються наземні рухомі об'єкти при пересуванні по місцевості з нерівностями, є важливою задачею при проектуванні систем стабілізації.

Для наземних об'єктів дія збурень визначається впливом нерівностей доріг. У свою чергу, нерівності доріг визначаються їх рельєфом. Одним із методів моделювання рельєфу є використання профілю дороги [1,2]. Визначаючи профіль стаціонарною випадковою функцією, для його описання доцільно використовувати таку характеристику, як спектральна щільність. Зокрема, моделювання нерівностей можна проводити за допомогою спектральної щільності потужності, що є функцією просторової частоти або циклічної просторової частоти. Використання даної характеристики дає можливість отримати значення висоти нерівностей окремо для лівої та правої колії транспортного засобу. Визначивши клас дороги, автоматично отримаємо значення рівня нерівностей (рис. 1). Моделювання впливу нерівностей на просторові коливання центра мас об'єкта проведено за допомогою програмного комплексу «Універсальний механізм» [3], в результаті отримано дані, які можуть бути представлені як файл із записаними значеннями положення центра мас наземного рухомого об'єкта в просторі в конкретні моменти часу (рис. 2).

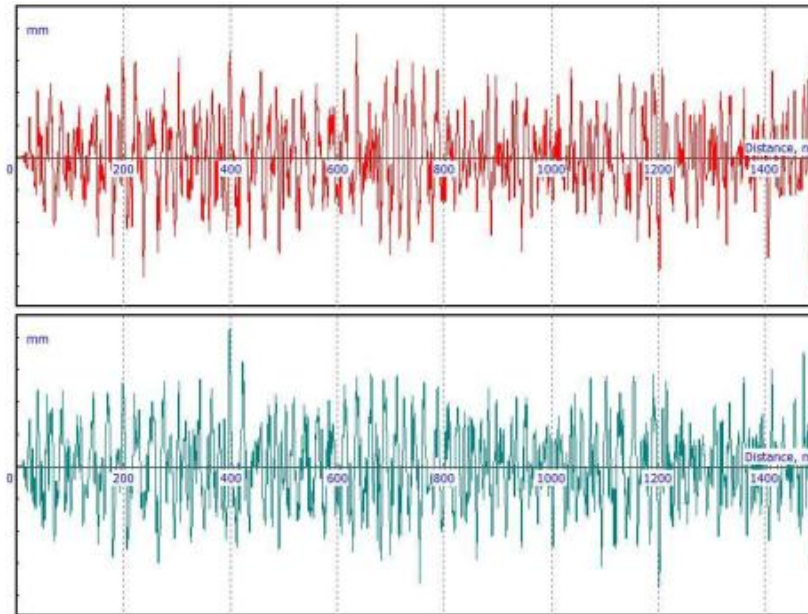


Рисунок 1 – Приклад нерівності для лівої та правої колій транспортного засобу

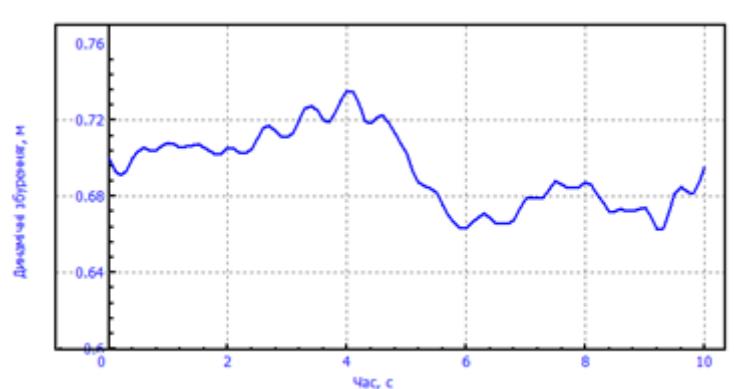


Рисунок 2 – Коливання центра мас колісного об'єкта у вертикальній площині при русі по дорозі з нерівностями

Множини подібних часових реалізацій для різних типів нерівностей будуть використані як динамічні збурення при проектуванні систем стабілізації та наведення, зокрема при розробці блоку керування системою.

Список литературы

1. А.А. Хачатурова. Динамика системы «дорога–шина–автомобиль–водитель» // Под ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
2. Robson J.D., (1979) Road Surface Description and Vehicle Response, International Journal of Vehicle Design, 1(1), 25–35.
3. Погорелов Д.Ю Програмный комплекс «Универсальный механизм.» [Електронний ресурс] / Погорелов Д.Ю – Режим доступу: <http://www.universalmechanism.com/pages/index.php?id=3>

ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ДИНАМИКИ КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ

Волошенюк О.Л.¹⁾

¹⁾ *Институт технической механики НАНУ и ГКАУ
49005, г. Днепр, ул. Лешко-Попеля, 15, office.itm@nas.gov.ua*

Как правило, разработка математической модели является наиболее трудоемким и сложным этапом в процессе решения поставленных задач динамики космических тросовых систем (КТС). Разработка математической модели состоит в определении принципиальных решений по созданию и использованию будущей модели для построения качественной картины динамики рассматриваемой системы. Поэтому оценивание достоверности получаемых результатов – необходимая часть в проведении исследований и решении поставленных задач. Численным путем мы можем дать оценку параметров и числовых характеристик основных закономерностей движения систем. Но достоверность получаемых результатов требует проведения глубокого анализа и понимания этих результатов.

Ранее для предложенной модели динамики КТС двух концевых тел, стабилизированной вращением [1] проведено сравнение результатов для процесса затухания продольных колебаний нити и изменения ориентации плоскости вращения системы с моделью КТС двух точечных масс [2]. Но сравнение результатов с [2] не позволило оценить правильность записанных формул определения параметров движения концевых тел КТС, в частности, движения тел вокруг собственных центров масс.

Для оценки правильности предложенных формул динамики концевых тел КТС предлагается новый подход, основанный на проверке сохранения постоянного значения полной механической энергии движения рассматриваемой системы.

Постановка задачи. Предполагается, что рассматриваемая система консервативна, и выполняются следующие условия: система склерономна, все силы потенциальны и потенциальная энергия не зависит явно от времени. Т. е., при выполнении этих условий необходимо показать, что в любой момент времени при движении КТС сумма потенциальной энергии центрального ньютоновского поля сил, потенциальной энергии упругой силы троса и кинетической энергии движения не меняется.

Для простоты и физической ясности общей картины движения КТС рассматривается плоский случай, т. е. предполагается, что движение КТС двух тел происходит только в плоскости орбиты (рис. 1). Предполагается также, что движение системы происходит в потенциальном поле сил — не происходит диссипации энергии в материале нити, и на концевые тела не действуют моменты гравитационных сил.

Таким образом, в потенциальном поле сил значение полной механической энергии должно сохранять постоянное значение при движении системы

$$H = T + \Pi = \text{const},$$

где T – кинетическая энергия системы;

Π – потенциальная энергия системы.

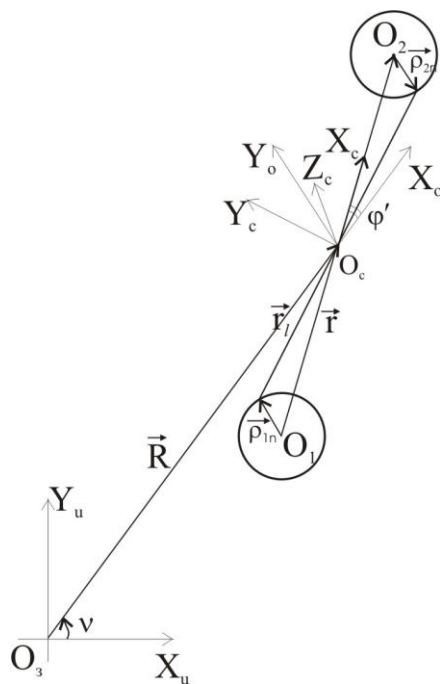


Рисунок 1 – Движение КТС двух тел в плоскости орбиты

Результаты расчетов. Записано выражение полной механической энергии движения системы. Проведена проверка сохранения постоянного значения полной механической энергии движения системы. Показано, что происходит незначительное изменение полной энергии, обусловленное влиянием гравитационного поля на относительное движение системы. Полученные результаты подтверждены аналитическими выражениями, полученными в [3].

Список литературы

1. Волощенко О. Л. Математическая модель динамики космической тросовой системы, стабилизированной вращением / О. Л. Волощенко, А. В. Пироженко // Техническая механика. – 2004. – № 2. – С. 17–27.
2. Алпатов А. П. Ротационное движение комических тросовых систем / А. П. Алпатов, В. В. Белецкий, В. И. Драновский, А. В. Пироженко и др. // – Днепропетровск : Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, 2001. – 404 с.
3. Пироженко А. В. Динамика космических тросовых систем, стабилизированных вращением: Дис. докт. физ.-мат. наук. – Донецк, 2007. – 307 с.

ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПЕРЕМЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Волянский Р.С.

*Днепродзержинский государственный технический
университет, 51918, Каменское, ул. Днепростроевская, 2,
voliansky@ua.fm*

Введение. С математической точки зрения задача управления любым динамическим объектом представляет собой задачу достижения объектом управления некоторых желаемых траекторий движения. Формирование таких траекторий может осуществляться путем использования различных принципов и подходов, базирующихся на классических [1] и современных методах [2-4] теории управления. Несмотря на большое разнообразие используемых методов создания систем управления, порядок синтезированных замкнутых систем может отличаться от порядка исходного объекта, но остается при этом неизменным. Это накладывает определенные ограничения на динамические характеристики системы.

Устранить это ограничение можно путем изменения порядка системы управления в процессе ее функционирования. Например, в соответствии со следующим алгоритмом: при пуске замкнутая система имеет достаточно большой порядок, который позволяет обеспечить плавное начало разгона, препятствующее возникновению рывков; затем по мере разгона системы ее порядок уменьшается, обеспечивая дополнительную форсировку, и достигает минимального значения при выходе на заданный режим работы, создавая возможность быстрой компенсации возможных отклонений от желаемой траектории движения.

Современная теория управления оперирует с динамическими объектами целой размерности, изменение порядка которых может осуществляться дискретно, приводя при этом к существенной деформации траекторий движения замкнутой системы. Устранить этот недостаток можно путем использования на этапе синтеза систем управления методов дробного интегрирования [5], которые являются обобщением методов классического дифференциального исчисления на случай интегралов и производных дробного порядка. Одним из наиболее известных подходов к определению производной дробного порядка является использование формулы Грюнвальда-Летникова [5]

$$D^{\alpha} f(t) = h^{-\alpha} \sum_{j=0}^k (-1)^j \frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(j+1)\Gamma(\alpha-j+1)} f(t_{k-j}), \quad \alpha \in R, \quad (1)$$

где α - порядок производной, $\Gamma(\cdot)$ - гамма-функция, h - шаг дискретизации, t_{k-j} - момент времени j шагов назад от текущего значения. Наличие в выражении (1) порядка степени α , создает предпосылки для изменения порядка

производной в функции от координат динамической системы и позволяет формировать траектории ее движения.

Постановка задач исследования. Целью настоящей работы является построение замкнутой системы управления переменного порядка для динамического объекта, движение которого описывается одним линейным дифференциальным уравнением.

Материалы исследования. Пусть траектории движения динамического объекта 1-го порядка описываются дифференциальным уравнением в относительных единицах

$$py = ay + mU, \quad (2)$$

где a, m - некоторые коэффициенты, p - оператор дифференцирования.

Управляющее воздействие U будем искать в классе непрерывных функций

$$U = m^{-1}(p-a)p^{f(y^*,y)}(y^* - y), \quad (3)$$

где y^* - желаемая траектория движения, $p^{f(y^*,y)}$ - оператор дробного интегрирования, порядок которого зависит от координаты объекта управления и ее желаемого значения.

Задавшись максимальным α_{\max} и минимальным α_{\min} порядками динамической системы, определим функцию $f(y^*,y)$ следующим образом

$$f(y^*,y) = \alpha_{\max} + 0.5(\alpha_{\max} - \alpha_{\min})(y^* - y). \quad (4)$$

С учетом функции (4) алгоритм (3) можно представить следующим образом

$$U = m^{-1}(p-a)p^{\alpha_{\max} + 0.5(\alpha_{\max} - \alpha_{\min})(y^* - y)}(y^* - y). \quad (5)$$

Выводы. Построение системы управления в соответствии с алгоритмом (5) позволяет изменять порядок этой системы в заданном диапазоне в функции ошибки управления.

Список литературы

1. Башарин А. В. Управление электроприводами /А. В. Башарин, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский//Л.: Энергоиздат, 1982. – 392с.
2. Пупков К. А. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т3. Синтез регуляторов САУ/ К. А. Пупков, Н. Д. Егупов //М.: Изд-во МГТУ им.Баумана, 2004.– 616с.
3. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы/ Д. П. Ким // М.: Физматлит, 2004 – 464с.
4. Садовой А. В. Системы оптимального управления прецизионными электроприводами/ А. В. Садовой, Б. В. Сухинин, Ю. В. Сохина.// К.: ИСИМО, 1998. – 298с.
5. Нахушев А. М. Дробное исчисление и его применение/ А. М. Нахушев.// М.: Физматлит, 2003. – 272 с.

КОМПЮТЕРНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ОКИСНЕННЯ ЧАВУНУ НА ФУРМАХ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

Довгалюк Б.П.

Дніпродзержинський державний технічний університет
51918, м. Кам'я'нське, вул. Дніпробудівська, 2, dows_bor@mail.ru

Ефективність використання АСУ ТП доменних печей невисока, оскільки вони не враховують коливання окиснення елементів чавуну на фурмах доменної печі. Пропонована система дозволить вчасно виявляти зміни окиснення елементів чавуну на фурмах, корегувати керуючі дії на тепловий стан доменної плавки і якість чавуну.

Алгоритм контролю коливання процесу окиснення елементів чавуну на фурмах полягає в наступному [1].

Контролюють інформацію про технологічні параметри: витрата дуття, природного газу, пиловугільного палива, пари на зволоження дуття, технологічного кисню; температура фурмених вогнищ; температура дуття, його вологість та вміст у ньому кисню; вміст у чавуні кремнію, сірки та його температура. Датчики інформації опитують з частотою 1 раз за 30 с. Інформація усереднюється за кожні 10, 20, 30, 60 хв. та за час між випусками чавуну.

З усередненої інформації за 10 хв визначають: температуру фурменої зони t_{ϕ} ; теоретичну температуру горіння t_m , різницю $t = t_m - t_{\phi}$;

Через 20 хв за кожні 10 хв визначають $\Delta t = t(t) - t(t-1)$

Якщо $\Delta t < -30^{\circ}\text{C}$, то вважають, що збільшилось окиснення елементів чавуну на фурмах. Якщо $\Delta t > 30^{\circ}\text{C}$, то вважають, що зменшилось окиснення елементів чавуну на фурмах. По значенню Δt визначають міру зміни окиснення заліза Δz в%. Наведені операції алгоритму виконуються також за усередненою інформацією за кожні 20, 30, 60 хв та за час між випусками чавуну.

Створюють ковзний масив усередненої інформації за кожні 20, 30, 60 хв тривалістю 48 годин і визначають ковзні взаємно-кореляційні функції залежності вмісту кремнію, сірки в чавуні та температури чавуну від Δz . Наявність двох екстремумів ВКФ (перший в області прогнозу складу чавуну та температури чавуну за 40 – 120 хвилин із зворотною залежністю теплового стану печі від Δz , а другий в області прогнозу складу чавуну та температури чавуну за 400 – 560 хвилин із прямою залежністю теплового стану печі від Δz) буде підтверджувати коливання окиснення елементів чавуну на фурмах.

Кожної години за екстремальними значеннями коефіцієнтів парної кореляції визначають ковзні рівняння регресії залежності зміни складу

чавуну та його температури від z через 40 - 120 хв (t_1) та через 400 – 560 хвилин (t_2).

За цими рівняннями прогнозують можливі зміну параметрів якості чавуну, які передаються в автоматизовану систему керування тепловим станом печі.

Якщо коливання окиснення елементів чавуну на фурмах не систематичні, то ковальні взаємно-кореляційні функції залежності вмісту кремнію, сірки в чавуні та температури чавуну від z не визначають. В цих випадках прогнозу зміну параметрів якості чавуну визначають за рівняннями регресії, що були визначені раніше.

Система контролю окиснення чавуну на фурмах включає: термінал обчислювальний зв'язку з об'єктом (ЕОМ); технічні засоби контролю, перетворення та введення у мікро - ЕОМ інформації про технологічні параметри: пристрій для друкування та блок світлової індикації. Однак, не вирішена проблема контролю температури фурменних вогнищ.

Система виконує функції централізованого контролю: вимірювання, усереднення за 10 хв і за годину значень технологічних параметрів, оперативного відображення та реєстрації значень технологічних параметрів; оперативного відображення та реєстрації результатів обчислення теоретичної температури горіння, різниці між теоретичною температурою і температурою фурм (Δt); зміна значення Δt через 10 хв. (Δ) та z .

Система виконує керуючі функції: визначення раціонального режиму зміни витрати пиловидного палива, кисню, пари на зволоження дуття та маси коксу у подачі; формування та передача на вхід регулятора завдання на зміну витрати пиловидного палива під час визначення його оптимальної кількості.

У системі використано стандартні технічні засоби контролю параметрів процесу з вихідними уніфікованими сигналами. Опитування датчиків значень технологічних параметрів здійснюється один раз за 30 с.. По середньогодинній інформації обчислюються показники ефективності використання пиловидного палива та рекомендації на зміну його кількості, кількості кисню, пари та маси коксу у подачі. Система може функціонувати у двох режимах:

- у режимі автоматичного керування витратою пиловидного палива із видаванням рекомендацій на зміну витрати кисню, пари та маси коксу у подачі;

- в інформаційно-порадному режимі.

Список літератури

1. Довгалюк Б.П. Контроль коливання окиснення елементів чавуну на фурмах доменної печі. //Збірка наукових праць ДДТУ, Дніпродзержинськ, 2008.- с.27-34.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ASWM АЛГОРИТМА ФИЛЬТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Дорошенко Ю.И. , Сальников Д.В.

*Национальный технический университет “Харьковский
политехнический институт”, ул. Фрунзе 21, Харьков, Украина 61002,
auts@outlook.com*

Предлагается алгоритм адаптивной взвешенной цифровой фильтрации (ASWM), который обладает повышенной производительностью в терминах PSNR, MAE и PSBR[1], т.е. существенно лучше подавляет импульсные шумы, при этом сохраняя резкость исходного изображения.

Данный алгоритм имеет блок детектора шума, который потребляют большую часть процессорного времени затраченного на операцию фильтрации тестового изображения 1024×768 (см. табл.1 и 2).

Таблица 1 – Результаты моделирования исходного алгоритма

	Без оптимизации	O1	O2	Ofull
Мин. время, мс	2001	1332	369	366
Макс. время, мс	2929	2112	535	526
Среднее время, мс	2416	1672	435	426

Таблица 2 – Результаты моделирования алгоритма с фиксированной точкой

	Без оптимизации	O1	O2	Ofull
Мин. время, мс	1068	642	636	646
Макс. время, мс	1536	910	949	937
Среднее время, мс	1243	747	750	749

Как видно из результатов работы реализация алгоритма с фиксированной точкой увеличивает эффективность фильтрации при использовании оптимизации компилятора ниже O2. На более высоких уровнях компилятор Microsoft Visual Studio включает использование расширения SSE (*Streaming SIMD Extensions*) процессоров Intel, что существенно ускоряет алгоритм, путем реализации нескольких вычислений с плавающей точкой в параллель.

Отдельно стоит отметить, что алгоритм с фиксированной точкой можно существенно ускорить путем использования уменьшения дробной части на 16 бит. Данный подход позволяет избавиться от дополнительных сдвигов при расчете коэффициентов для расчета взвешенной медианы окна. Результаты работы алгоритма с использованием описанной методики см. в таблице ниже.

Для обработки видео потока можно значительно облегчить вычисление каждого фрейма данных. Поскольку в случае непрерывного

видео сигнала данные на каждом изображении отличаются лишь незначительно, имеет смысл провести оценку и обрабатывать только изменившиеся участки изображения.

В данном эксперименте был использован компилятор Microsoft Visual C++ 2015 Version 14.0.24.720.00 Update 1. Тесты проводились на процессоре Intel Core i5-4460 (см табл.3 и 4).

Таблица 3 – Вычисления с плавающей точкой

	Без оптимизации	O1	O2	Ofull
Мин. время, мс	1106	973	171	168
Макс. время, мс	1460	1268	233	218

Реализация алгоритма при помощи операций с фиксированной точкой позволяет уйти от использования «дорогостоящих» операций с плавающей точкой и использовать архитектуры без FPU, т. е. более дешевые и менее энергопотребляющие аппаратные платформы.

Таблица 4 – Результаты моделирования модифицированного алгоритма в формате Q15

	Без оптимизации	O1	O2	Ofull
Мин. время, мс	298	208	213	210
Макс. время, мс	567	256	265	254
Среднее время, мс	329	229	232	230

Алгоритм работы адаптивного взвешенного фильтра описан в [2].

Как видно из приведенных данных (табл.3 и 4) даже на современном оборудовании описанный алгоритм позволяет добиться лишь 5-6 кадров в секунду. Набор SSE команд процессоров Intel, дает существенный прирост производительности, соизмеримый с реализацией алгоритма в величинах с фиксированной точкой. Тем не менее, этого не достаточно для реализации алгоритма фильтрации, при помощи данного алгоритма, видеопотока в реальном времени на встраиваемых компьютерах, которые, как правило, имеют более низкую частоту процессора и построены с использованием архитектуры ARM.

Список литературы

1. Fabrizio Russo, Performance Measurement of Image Filtering Systems Using the Peak Signal-to-Blur Ratio (PSBR) // Recent advances in electrical engineering and electronic devices - Geneva.: WSEAS Press, 2014. - 254с.
2. Kai-Kuang, How-Lung Eng, Noise Adaptive Soft-Switching Median Filter, IEEE TRANS. ON IMAGE PROCESSING, VOL.10, NO.2, 2001.

ПОСТРОЕНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВНЕШНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Евсеенко О.Н.¹⁾

¹⁾ *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», каф. автоматики и управления в технических системах, г. Харьков, E-mail: sendmeyouremail@mail.ru*

Здания являются одним из крупнейших потребителей энергии во всем мире. В соответствии с директивой Европейского Союза (ЕС) по энергоэффективности зданий [1], строительный сектор в Европейском Союзе постоянно расширяется и в настоящее время использует 40% от общего потребления энергии в ЕС. Среди всех строений именно жилые здания являются основным потребителем энергии.

Оптимальное использование тепловой энергии для отопления жилого дома по-прежнему является серьезной проблемой, основными факторами которой являются: рост цен на энергоносители (электричество, газ, уголь), рост потребления электроэнергии в домашних хозяйствах и промышленности, загрязнение окружающей среды.

Температура воздуха внутри здания зависит от многих факторов: солнечной радиации, направления ветра, системы отопления, света, количества людей в помещении, вентиляции воздуха. Некоторые из этих факторов являются непредсказуемыми, а некоторые являются периодическими и могут быть измерены и спрогнозированы, например, солнечная радиация, температура наружного воздуха и т. д.

Разработано большое количество моделей для проведения энергетического анализа с использованием различных подходов, таких как методы конечных разностей, конечных объемов или схем с RC-цепочками. Тем не менее, точность выбранного метода зависит от принятых упрощений в исходных данных – температурных графиков, метеорологических данных или шага моделирования. Большинство программ моделирования зданий используют 1-часовой временной шаг, так как прогноз погоды обычно даёт почасовые значения, а моделирование многозонных зданий занимает очень много времени.

Еще одной проблемой в разработке программного обеспечения для моделирования является выбор порядка численного метода интегрирования уравнений во временной области. Выбор наиболее подходящего численного метода должен быть сделан с точки зрения надежности, точности и времени выполнения вычислений.

На основании работы [2] в среде ANSYS Workbench была построена модель помещения (рис. 1).

Целью работы является получение распределения температур в помещении в зависимости от изменения температуры воздуха за окном.

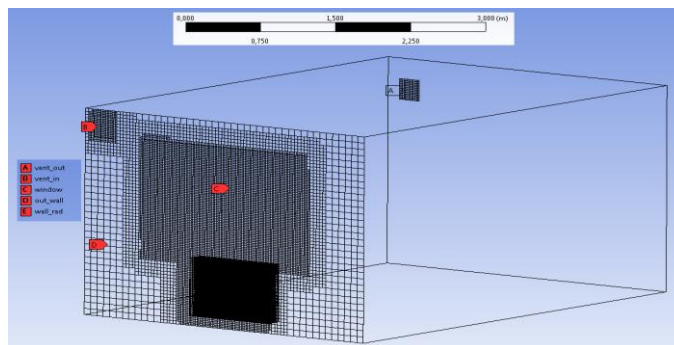


Рисунок 1 – Внешний вид построенной модели

Теме расположения датчика температуры в помещении посвящено большое количество работ. Для выбора места расположения датчика были использованы результаты экспериментов [3]. Программа моделирования ANSYS позволяет определить температуру в заданной точке помещения. В данном случае была выбрана точка в помещении с координатами (1.72;0.9;1.645) м.

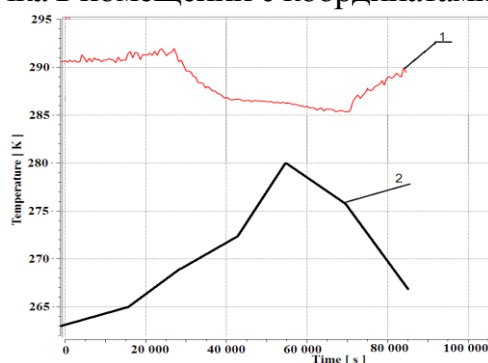


Рисунок 2 – Результаты моделирования

На рис.2 представлен суточный график температуры в помещении при изменяющейся внешней температуре, в диапазоне от -10°C до $+7^{\circ}\text{C}$, где: 1 – температура в помещении; 2 – температура воздуха за окном.

Результаты моделирования демонстрируют, что управление температурой в помещении в зависимости от температуры за окном может принести экономию теплового ресурса. Планируется применение алгоритмов с предсказанием для проведения дальнейших исследований.

Список литературы

1. Директива Европейского парламента и Совета 2010/31/ЕС от 19 мая 2010 года об энергосбережении зданий [Электронный ресурс] // Офиц. вестн. Европейского Союза.– 2010. – 18 июня. – Режим доступа: http://esco.agency.ru/library/directive_2010_31_EC_ru.pdf. – Загл. с экрана.
2. CFD-моделирование теплового режима помещения с различными системами отопления. Ч. 1. Разработка трехмерных CFD-моделей в сопряженной постановке / П. Г. Круковский [и др.] // Пром. теплотехника. – 2009. – № 5. – С. 56–61.
3. Табунщиков Ю. А. Экспериментальные исследования оптимального управления расходом энергии / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач // АВОК – 2006. – № 1. – С. 32–39.

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МУЛЬТИКОПТЕРОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Зуев А.А., Лунин Д.А.

***Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков,
E-mail: aaz12345@inbox.ru, lunindenis77@gmail.com***

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – разновидность летательного аппарата, управление которым не осуществляется пилотом на борту. Различают беспилотные летательные аппараты двух видов: дистанционно управляемые и автоматические. Одним из наиболее распространенных видов БПЛА являются мультикоптеры – БПЛА вертолетного типа с тремя и более винтами [1].

БПЛА классифицируются по схеме построения [2]: эродинамические (самолетного типа); аэростатические и аэростатически разгруженные; реактивные; вертолетные и мультикоптерные (3, 4, 6 и 8 роторные).

Квадрокоптер – наиболее простой и распространенный тип, из используемых на сегодняшний день, аппаратов оснащенный четырьмя несущими винтами фиксированного шага.

Для БПЛА гражданского назначения можно выделить следующие основные задачи [3]: мониторинг и контроль районов и объектов; метеоразведка; обнаружение людей, мест и объектов; патрулирование и раннее обнаружение несанкционированного доступа, охрана объектов и границ; картография; ретрансляция сигналов; химическая обработка сельскохозяйственных угодий доставка грузов.

Большинство легких БПЛА используют в качестве двигательной установки электродвигатели, которые питаются от АКБ, таким образом, характеристики двигателя и емкость АКБ задают максимальную дальность и время полета (автономность).

Современные квадрокоптеры во многом отличаются от привычных моделей на радиоуправлении. В его состав входит:

- 1) центральный компьютер с радиоприемником и специальной ОС;
- 2) навигационные датчики, акселерометры, барометр и магнитный компас, а также ультразвуковой дальномер;
- 3) система GPS - отслеживает пройденный путь, и позволяет мультикоптеру действовать автономно и возвращаться к оператору при потере сигнала управления;
- 4) электронные регуляторы оборотов – независимые компьютеры управляющие скоростью вращения каждого из винтов.
- 5) источник питания, блок телеметрии, различные индикаторы.

Для обеспечения вышесказанных характеристик предлагается структурная схема управления квадрокоптером, представленная на рис. 1.

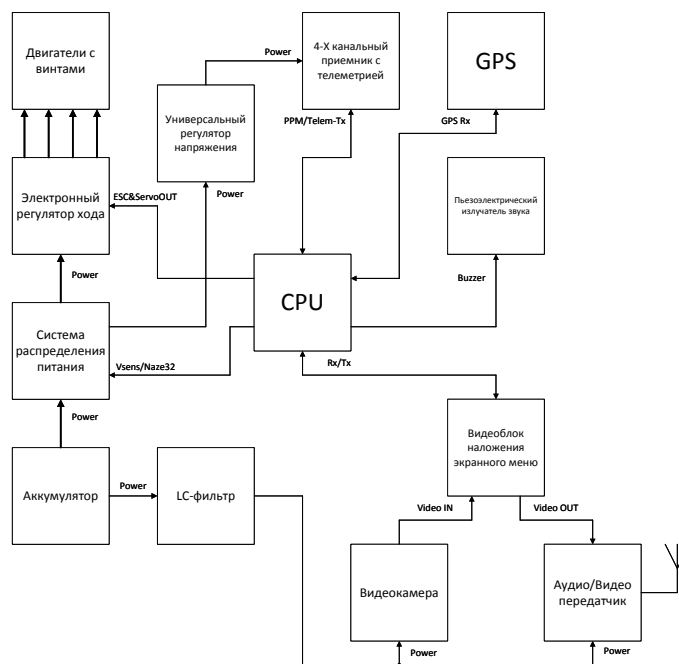


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления квадрокоптером.

Такая схема обеспечивает простоту сборки, настройки и обслуживания мультикоптеров. Основная часть модулей содержит узкоспециализированные программируемые контроллеры (управление двигателями, радиоприемник, телеметрия, GPS, передача видео).

Передача данных между модулями устройства осуществляется по стандартным интерфейсам таким, как двух проводной интерфейс I²C, интерфейс SPI и RS232. Для связи с оператором, который управляет квадрокоптером, применяется многоканальный приемник. Для передачи видео и телеметрии используется независимый передатчик.

Список литературы

1. Цепляева Т.П. Исследование влияния различных параметров беспилотного летательного аппарата на его взлетную массу// Т.П. Цепляева, А.Н. Лохов. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии № 42, 2009.

2. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ. пособие / А.Г. Гребеников, А.К. Мялица, В.В. Парфенюк и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. 377 с.

3. Сокол Е.И. Безопасность и мониторинг параметров высоковольтных линий электропередач беспилотными летательными аппаратами// Е.И. Сокол, М.М. Резинкина, О.Г.Гриб, Г.А.Сендерович, С.Ю.Шевченко, В.И.Васильченко, Д.А.Гапон, А.А.Зуев, Ю.С.Громадский, Т.С.Иерусалимова, А.В.Бортников. «Типография Мадрид» – Харків, 2015, 296 с.

К ВЫБОРУ РАЗРЯДНОСТИ ПРОЦЕССОРОВ ЦИФРОВОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Ивашко А.В., Лунин Д.А.

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт», г. Харьков,

E-mail: ivashkoauts@gmail.com, lunindenis77@gmail.com

Дискретный спектральный анализ нашел широкое применение при решении задач технической и медицинской диагностики, в частности, при мониторинге механизмов и машин путем сравнения спектров их механических колебаний с эталонными, при анализе сигналов variability сердечного ритма и ряде других [1]. При этом к алгоритмам спектрального оценивания предъявляется ряд требований. С одной стороны, необходимо получать максимально устойчивые спектральные оценки с высоким разрешением, с тем, чтобы выделять характерные пики на кривой спектральной плотности, с другой – алгоритмы должны допускать простую аппаратную и программную реализацию, обеспечивающую спектральное оценивание сигналов и отображение результатов в реальном масштабе времени.

Существует ряд алгоритмов нахождения спектральной плотности мощности сигнала – периодограммный, коррелограммный и т.д. Однако наибольшее распространение получила группа алгоритмов спектрального анализа, основанных на представлении сигнала как результат прохождения белого шума через цифровой фильтр. При этом коэффициенты фильтра и, как следствие, оценки спектральной плотности мощности связаны через систему уравнений Юла-Уолкера со значениями отсчетов автокорреляционной функции (АКФ) анализируемого сигнала.

Наиболее трудоемкой частью вычисления спектра обычно оказывается процедура вычисления АКФ.

$$r_{xx}[m] = \frac{1}{N-m} \sum_{i=0}^{N-m-1} x_i \cdot x_{i+m} \quad (1)$$

Даже при применении ускоренных алгоритмов на основе быстрого преобразования Фурье [2] количество операций умножения при вычислении АКФ может составить величину порядка $6N \cdot \log_2 N$, где N – объем выборки. Поскольку часто приходится обрабатывать фрагменты сигнала длиной в несколько тысяч отсчетов, эта задача становится весьма сложной, особенно при реализации спектроанализаторов на основе микроконтроллеров и ПЛИС.

Дополнительную проблему может составить значительная разрядность входных данных. При вычислении АКФ согласно формуле(1) происходит значительное увеличение разрядности в результате умножения и накопления, что может привести к неприемлемому усложнению

аппаратуры. Поэтому представляет интерес определение разрядности входных данных, минимально необходимой для определения оценок спектральной плотности с требуемой точностью.

Было проведено компьютерное моделирование с целью определение зависимости относительной ошибки спектрального оценивания от разрядности входных данных. В качестве тестового сигнала выбиралась сумма нескольких синусоид в белом шуме. В результате моделирования был построен график Рис.1. Из графика следует, что применение восьмиразрядных микроконтроллеров обеспечивает достаточную точность вычислений (для восьмиразрядных данных отношение сигнал/шум составляет 111 децибел, относительная ошибка 0.02). Кодирование данных шестнадцатью разрядами позволяет вычислять спектр с погрешностью $8 \cdot 10^{-6}$ (отношение сигнал/шум 208 децибел). Приемлемые для многих практических задач результаты может дать даже кодирование данных 3-6 разрядами.

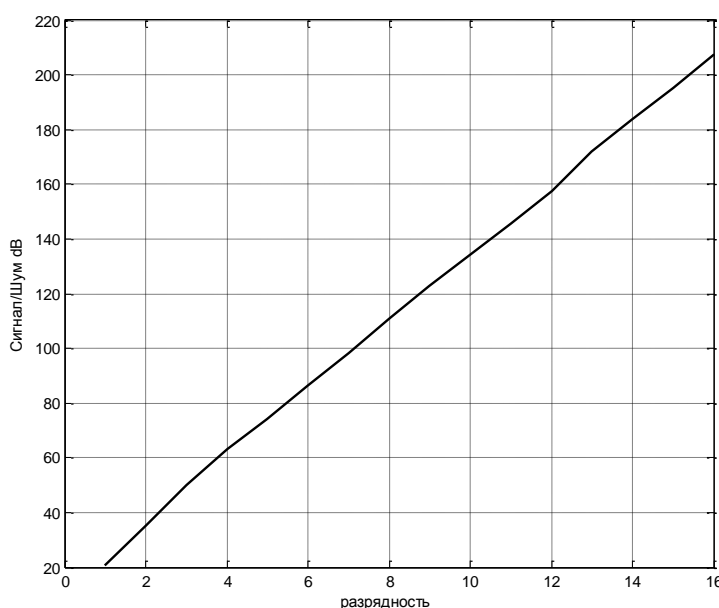


Рисунок 1 – Зависимость отношения сигнал/шум от разрядности входных данных

Список литературы

1. Марпл.-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения.- М.: Мир, 1990.- 584 с.
2. Ивашко А.В., Лунин Д.А. Быстродействующие алгоритмы спектрального оценивания. – Вестник НТУ «ХПИ». – 2005.- № 7 - стр 64-65 с.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКИ НЕКЛОНИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Караман Д.Г.

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт», г. Харьков,
E-mail: karaman@kpi.kharkov.ua*

Физически неклонируемая функция (ФНФ) – это функциональная структура, у которой в процессе реализации за счет особенностей выбранного физического базиса для реализации могут произвольно изменяться реализуемые функциональные зависимости, причем каждая последующая реализуемая копия всегда будет иметь отличия от предыдущих своих реализаций. Такие функции просто оценить, но трудно охарактеризовать, а главное – трудно смоделировать и воспроизвести.

В физической структуре неклонируемой функции есть определенное множество компонентов, функциональная характеристика которых может произвольно изменяться в ходе производственного процесса. Если таких компонентов в реализуемой функции достаточно много, а функциональный параметр достаточно вариативный, то вероятность получения двух абсолютно идентичных физически неклонируемых функциональных структур оказывается очень низкой.

В последнее время исследованию методов построения и реализации ФНФ посвящено достаточно много научных работ, поскольку эти функции постепенно находят применение во многих сферах информационной и криптографической безопасности: смарт-карты, токены и банковские карты, защита физических носителей информации, интегральных схем от клонирования, генераторы случайных (псевдослучайных) чисел, генераторы криптографических ключей и т.д.

В работе [1] приведен основательный обзор различных тем, связанных с проектированием и оценкой ФНФ, в подробностях рассмотрены различные подходы к их реализации. Кроме того, авторы подробно рассматривают процесс реализации ФНФ на интегральных схемах.

В ФНФ могут использоваться различные источники физической случайности. Различают ФНФ, в которых случайность вносится внешними факторами: температурой, давлением, концентрацией примесей в рабочих материалах, а также ФНФ, в которых случайность проявляется в виде одного из свойств, внутренне присущих выбранному физическому базису: временем распространения сигнала, изменением уровня электрических потенциалов, проводимости и т.д.

Различают несколько основных технологий, с помощью которых можно получить ФНФ: оптическое зондирование (сканирование случайной интерференционной картины), инъекция диэлектрика (создание массива конденсаторов со случайными значениями емкостей), полупроводниковая матрица (использование случайности временных задержек в полупроводниках при изменении концентрации примесей) и магнитная (неравномерность свойств и степени намагничивания магнитного материала).

Все эти технологии являются ресурсо- и энергоемкими при реализации, требуют особых условий производства и серьезных научных, технических и материальных затрат на отработку технологии.

В связи с этим в ряде научных работ [2-6] была рассмотрена возможность реализации ФНФ на программируемых логических структурах, к которым относятся и программируемые логические интегральные схемы.

В докладе рассматриваются основные принципы реализации ФНФ на программируемых логических интегральных схемах типа FPGA, методы и принципы реализации ФНФ на конфигурируемых логических блоках. Сделан акцент на основных сложностях, которые возникают при проектировании, верификации получаемых решений, а также представлены основные направления дальнейшего развития представленных решений.

Список литературы

1. Christoph Böhm, Maximilian Hofer. Physical Unclonable Functions in Theory and Practice — Springer Science & Business Media, 2012. — 270 p. (ISBN: 9781461450399)
2. R. Maes and I. Verbauwhede, "Physically Unclonable Functions: A Study on the State of the Art and Future Research Directions." // Towards Hardware-Intrinsic Security, ser. Information Security and Cryptography. Berlin Heidelberg: Springer, 2010, pp. 3-37.
3. Durga Prasad Sahoo, Sayandeep Saha, Debdeep Mukhopadhyay, Rajat Subhra Chakraborty, Hitesh Kapoor, "Composite PUF: A new design paradigm for Physically Unclonable Functions on FPGA." // IEEE International Symposium on Hardware-Oriented Security and Trust (HOST), — 2014.
4. S. Kumar, J. Guajardo, R. Maes, G.-J. Schrijen, and P. Tuyls, "Extended abstract: The butterfly PUF protecting IP on every FPGA," in Proc. of IEEE Int. Symposium on HOST, June 2008, pp. 67-70.
5. H. Yu, P. H. W. Leong, and Q. Xu, "An FPGA Chip Identification Generator Using Configurable Ring Oscillators," IEEE Trans. VLSI Syst., vol. 20, pp. 2198-2207, 2012.
6. M. Majzoobi, F. Koushanfar, and M. Potkonjak, "Techniques for Design and Implementation of Secure Reconfigurable PUFs," ACM Trans. Reconfigurable Technol. Syst., vol. 2, no. 1, pp. 1-33, 2009.

УСТРАНЕНИЕ ЭФФЕКТА ГИББСА ПРИ ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ошаровская Е.В., Патлаенко Н.А.

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,

Украина, г. Одесса, 65029, ул. Кузнечная 1-3

osharovskaya@mail.ru, nick_msa@ukr.net

При обработке цветных изображений в цифровой форме осуществляется предфильтрация для устранения повторных спектров. Склон амплитудно-частотной характеристики таких фильтров предобработки уделяют большое внимание, в частности, используют склон косинус квадратичной формы или формы, заданной окном Блэкмана. Одной из целей применения такой предварительной фильтрации является уменьшение нежелательных выбросов или колебательных процессов на границах яркостных или цветностных переходов, получивших название эффекта Гиббса.

Приведем пример возникновения эффекта Гиббса для классического случая передачи двух пар черно-белых вертикальных полос (Рис.1).

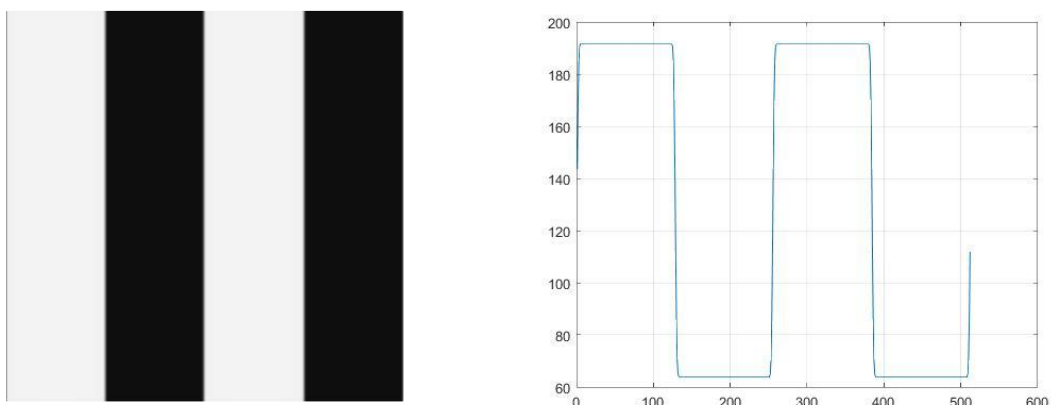


Рисунок 1 – Изображение черно-белых полос и видеосигнал по строке.

Промоделируем в Matlab один блок такого изображения с размерами восемь на восемь элементов [1]. Белые элементы изображения представляются в цифровом виде значением 240, а черные элементы значением 16. Приведем матричное представление такого изображения $M1$ (1) и матричное представление коэффициентов после двумерного косинусного преобразования $D1$ (2). Очевидно, что на 64 значения яркостей в матрице исходного изображения в матрице ДКП приходится всего восемь значений, подлежащих передаче. Коэффициент сжатия достаточно большой, но при последующем отбрасывании незначительных

коэффициентов после обратного ДКП колебательный характер спектра переносится в восстановленное изображение.

$$M1 = \begin{bmatrix} 240 & 240 & 240 & 240 & 16 & 16 & 16 & 16 \\ 240 & 240 & 240 & 240 & 16 & 16 & 16 & 16 \\ 240 & 240 & 240 & 240 & 16 & 16 & 16 & 16 \\ 240 & 240 & 240 & 240 & 16 & 16 & 16 & 16 \\ 240 & 240 & 240 & 240 & 16 & 16 & 16 & 16 \\ 240 & 240 & 240 & 240 & 16 & 16 & 16 & 16 \\ 240 & 240 & 240 & 240 & 16 & 16 & 16 & 16 \\ 240 & 240 & 240 & 240 & 16 & 16 & 16 & 16 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$D1 = \begin{bmatrix} 1,024 & 0,811 & 0 & -0,285 & 0 & 0,19 & 0 & -0,16 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times 10^3 \quad (2)$$

В нашем примере замена двух последних значащих коэффициентов в матрице ДКП при обратном преобразовании приводит к сигналу по строке и восстановленному изображению следующего вида (рис. 2)

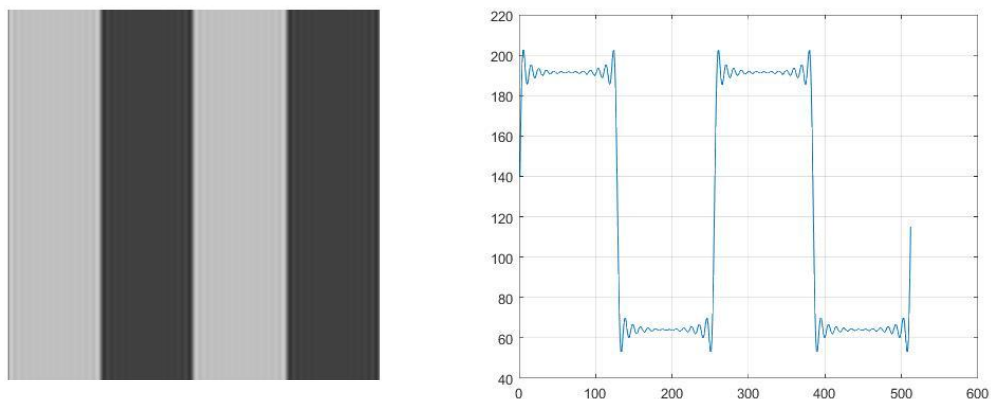


Рисунок 2 – Восстановленный сигнал пары полос с эффектом Гиббса.

Если вместо ДКП применять дискретное wavelet-преобразование, то векторное квантование незначительных коэффициентов высокочастотных составляющих в меньшей степени сказывается на восстановленном обратным дискретным wavelet-преобразованием изображении. При двухуровневом вейвлет преобразовании низкочастотная составляющая подвергается фильтрации столько раз, сколько нужно для точного представления входного изображения, и число этих повторений определяет уровень декомпозиции вейвлет-преобразования.

Список литературы

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде Matlab / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М. Техносфера, – 2006. – 616 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЦИФРОВА ОБРОБКА НЕСТАЦІОНАРНИХ ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ СКЛАДНОЇ РОТОРНОЇ СИСТЕМИ

Паздрій О.Я.

*Національний Технічний Університет України
«Київський Політехнічний Інститут ім. Ігоря Сікорського»,
пр. Перемоги 37, м. Київ, Україна, 03056*

Ключові слова: газотурбінні двигуни, діагностика вібрацій, тріщиноподібні пошкодження, фрактальний аналіз, показник Херста, R/S аналіз

Авіаційні газотурбінні двигуни (ГТД) є складними роторними системами, які працюють в умовах значних динамічних навантажень. Безпека та надійність ГТД значною мірою визначають надійність елементів авіаційної техніки. Для забезпечення безвідмовної експлуатації таких систем важливим є моніторинг їх технічного стану.

Ця робота є продовженням дослідження багаторівневої системи контролю вібрації ГТД [2] для її практичної реалізації.

Діагностичною інформацією пошкодження роторного елементу у загальному спектрі вібрацій є роторні гармоніки. Для діагностики використовуються їх рівні на резонансних режимах і характеристики їх зміни відповідно до зміни частоти обертання ротора.

Для підвищення ефективності діагностики початкових тріщиноподібних пошкоджень валу було застосовано фрактальний аналіз (визначення показника Херста за допомогою R/S аналізу) змодельованого вібраційного сигналу валу під час розгону.

Представлена спрощена модель гнучкого ротора [1] який складається з невагомго вала, симетрично встановленого в опорах, та посаженого посередині диска з незбалансованою масою. В якості пошкодження валу приймається поперечна тріщина, розташована безпосередньо біля диска. Збільшення пошкодження задавалося збільшенням показника ΔK - відносного зміни (зменшення) жорсткості в перерізі вала, значення якого приймалися від 0,01 до 0,3. У дослідженні використовується модель «дихаючої» тріщини - чергування положень закриття і відкриття тріщини при русі валу, що відбувається завдяки періодичній зміні жорсткості вала.

Рівняння руху складної роторної системи (ротора Джеффкотта) [1] з урахуванням гравітаційних сил, впливу незбалансованої маси і описаного вище пошкодження валу в нерухомій системі координат(СК) мають такий вигляд [1]:

$$\begin{pmatrix} M & 0 \\ 0 & M \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{z} \\ \ddot{y} \end{Bmatrix} + \begin{pmatrix} F & 0 \\ 0 & F \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{z} \\ \dot{y} \end{Bmatrix} + \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{21} \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} z \\ y \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Mg \\ 0 \end{Bmatrix} + M\epsilon \begin{Bmatrix} \dot{\theta}^2 \cos\theta + \ddot{\theta} \sin\theta \\ \dot{\theta}^2 \sin\theta - \ddot{\theta} \cos\theta \end{Bmatrix} \quad (1)$$

де M і F відповідно матриці мас і демпфірування; K - матриця жорсткості, що залежать від часу і положення вала на орбіті; g - прискорення сили тяжіння.

Перетворення координат в площині обертання нерухомої та пов'язаної з ротором СК відбувається відповідно до виразу[1]:

$$\begin{pmatrix} z \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Phi & -\sin \Phi \\ \sin \Phi & \cos \Phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi \\ \eta \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Для діагностики системи та обробки сигналів було розроблено програмне забезпечення в середовищі Matlab Simulink. Результати моделювання за виразами (1) та (2) представлені на рис.1.

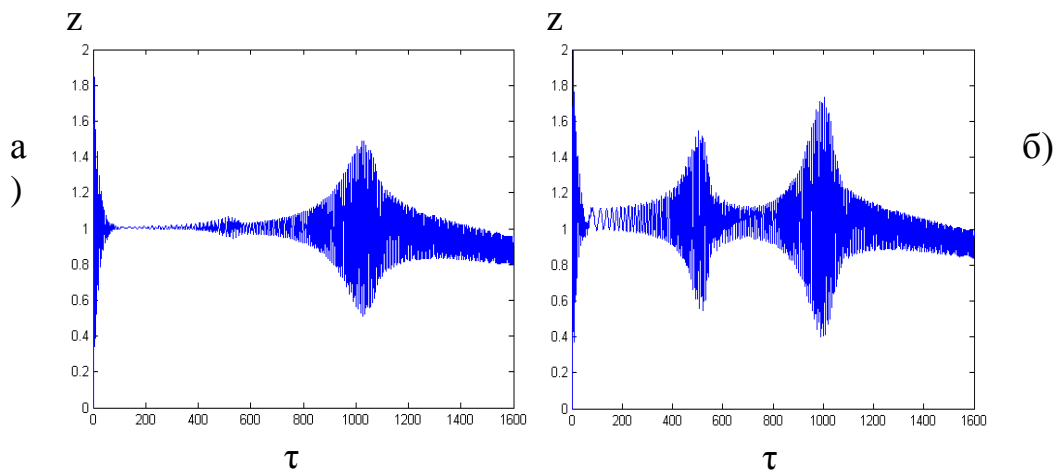


Рисунок1 – Безрозмірні вібраційні амплітуди ротора під час розгону при $\Delta K=0,01$ (а) та $\Delta K=0,1$ (б)

В ході досліджень було визначено, що невеликі зміни розмірів тріщини приводять до значної зміни показника Херста для часового ряду в діапазоні субгармонічного резонансу.

Фрактальний аналіз виявився ефективним для його використання для діагностування початкових тріщиноподібних пошкоджень вала.

Список літератури

1. J. Sawicki, X. Wu, G. Baaklini, A. Gyekenyesi, Vibration-based crack diagnosis in rotating shafts during acceleration through resonance, Proc. of SPIE, Vol.5046 (2003)1-10
- 2.O. Pavlovskyi, N. Bouraou, On-board vibration diagnostics of shaft damage of the aviation engine, Vibrations in Physical Systems Vol.26 (2014) 229-234.
- 3.O. Pavlovskyi, N. Bouraou, O.Pazdrii, Improvement of the Vibration Diagnostics of Rotation Shaft Damage Based on Fractal Analysis ,Vibrations in Physical Systems Vol.27 (2016) 61-66.

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОТИ ПРИЛАДУ ДЛЯ ТРИВИМІРНОГО АНАЛІЗУ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ

Псярнецька Т.О.¹⁾, Смоквина В.В.¹⁾, Цисар М.О.¹⁾, Дєвицький О.А.¹⁾,
Чепугов О.П.¹⁾

¹⁾*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
вул. Автозаводська, 2, м. Київ, 04074,
ts.tanyusha@gmail.com, <http://ism.kiev.ua>*

Наведено рекомендації по оптимізації функцій профілометра для створення приладу нового покоління з можливістю отримання 3D-візуалізації рельєфу поверхні досліджуваних матеріалів на мікрорівні.

В сучасному приладобудуванні перевага надається приладам з високим рівнем достовірності експериментальних даних, тому точність вимірювання, нормування та контроль готових виробів є необхідними умовами. Тому, розроблення принципів автоматизованої роботи високоточного приладу для візуалізації рельєфу поверхонь деталей з важкооброблюваних та композиційних матеріалів є актуальною науково-технічною задачею, оскільки даний прилад може знайти застосування для вимірювання деталей в широкому діапазоні значень.

Даний пристрій відноситься до електронно-вимірювальної техніки і призначений для візуалізації рельєфу поверхонь деталей. Спосіб роботи приладу полягає у використанні топограм отриманих з поверхневого шару зразка, де в якості опорних точок використовується мікрорельєф обробленої поверхні деталі із подальшою її візуалізацією методом кубічних сплайнів.

Таким чином результатом вимірювання є зафіксований багатовимірний сигнал. Багатовимірний сигнал, в нашому випадку, може бути описаний як функція висот профілю $Z(x, y)$ незалежних змінних. Цей сигнал також можна вважати дискретним, оскільки він може бути описаний функцією поверхні визначеній тільки на множині точок, а саме в вузлових точках сканування.

Пошук, виявлення і обчислення координат положення виконує програма розпізнавання. Скануючи невелику область, а потім розкладаючи отримані фрагменти поверхні за відповідними позиціями, визначеними при розпізнаванні, можна реконструювати реальний рельєф поверхні. Наявність інформації про координати положення разом з механізмом прив'язки дозволяє здійснювати автоматично прецизійне позиціонування елементу вимірювання. В результаті отримаємо підвищення точності і лінійності вимірювання рельєфу поверхні, поліпшення роздільної здатності приладу, а також здійснення високоточного позиціонування елементу вимірювання.

Відомо, стандартні параметри шорсткості не завжди дають відповідь на питання про функціональні можливості, таким чином саме тривимірне зображення рельєфу поверхні може дати необхідні відомості для поліпшення якості, та зменшення собівартості відповідних елементів і конструкції в цілому. Таким чином ми виходимо до питання частково непараметричного аналізу, та розробки новітніх методів аналізу топограм отриманим з поверхневого шару.

Використання 3D-візуалізації для вивчення особливостей процесу алмазної обробки інструментом із НТМ, надасть можливість прогнозувати ріжучу здатність шліфувального круга по шорсткості обробки з метою забезпечення найбільш ефективних і оптимальних умов обробки. Проте, застосування звичайних профілометрів, при використанні даної методики є недоцільним, оскільки вони передбачають сканування поверхні деталі лише в одному напрямку, та мають свої недоліки, пов'язані з неможливістю їх застосування з метою подальшого прогнозування ефективності умов оброблення, а саме:

- вимірюванні шорсткості обробленої поверхні крок вимірювання становить 5...10 мкм, що не дає змоги побачити чітку картину про якість поверхні, отриманої на операціях чистового шліфування та полірування;
- наявне програмне забезпечення, з яким працюють дані прилади, не дозволяє отримати візуалізовану тривимірну модель шорсткого шару, а також загалом знижує автоматизацію проведення вимірювань.

В своїй роботі ми пропонуємо модель повністю автоматизованого профілометра, що дозволить досліджувати навіть криволінійні поверхні за рахунок гнучкої системи підводу елемента вимірювання. Крім того відповідне програмне забезпечення дозволить не тільки виміряти та аналізувати тривимірний профіль поверхні, відповідний математичних стохастичний апарат дасть змогу надавати одразу відповіді рекомендації по вдосконаленню методу обробки поверхні.

Список литературы

1. Исследование электрических явлений, сопровождающих процесс шлифования, и пути их использования / Б.Н. Лысов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Челябинск. – 1972. – 150с.
2. Лавріненко В.І. До питання 3D-моделювання шорсткого шару поверхні після шліфування кругами із НТМ / В.І. Лавріненко, О.О. Пасічний, Г.А. Петасюк, В.В. Смоквина // Вісн. Сум. держ. ун-ту. Сер. Техн. науки. - 2010. - № 4. - С. 77-79.
3. Цисар М.О. Тривимірний аналіз шорсткості поверхні як частина виготовлення деталей з важкооброблюваних та композиційних матеріалів/ М.О. Цисар, Т.О. Псярнецька, О.А. Девіцький, В.В. Смоквина, О.П. Чепугов // МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта». – 2016. –С.270.

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ВОЛНОВОЙ ГИРОСКОП КАК ДАТЧИК УГЛОВОЙ СКОРОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Сапегин А. Н., Суровцев А.А., Пономаренко А. В.
*Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт им. И. Сикорского»,
03056, Киев, пр-т Победы, д. 37*

Инерциальные навигационные системы прошли долгий путь развития. Применение грубых поплавковых гироскопов в системах платформенного типа не позволяли обеспечивать необходимую точность и надежность. Уйдя от использования гиростабилизированных платформ поставило остро вопрос повышения точности датчиков угловой скорости бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС).

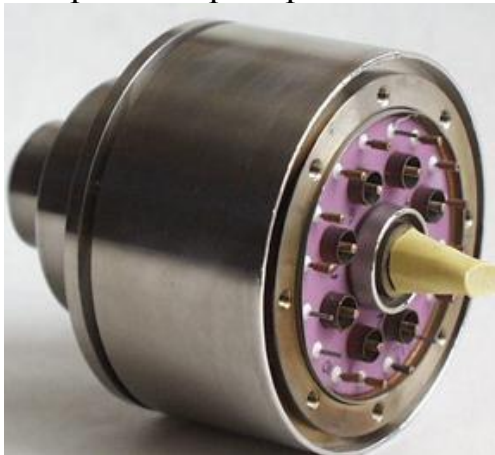
Современные БИНС, как правило, создаются с использованием кольцевых лазерных и волоконно-оптических гироскопов. Основанные на использовании эффекта Саньяка, они позволяют отказаться от подвижных механических частей, что позволяет увеличить точность и надежность системы. Вместе с тем дорогостоящая технология и габаритные размеры систем не позволяют в полной мере использовать инерциальные навигационные системы в гражданском и частном применении.

В качестве датчиков угловой скорости прецизионных БИНС помимо лазерных и волоконно-оптических можно применять и другие гироскопические приборы. Существуют системы, построенные на динамически настроенных гироскопах. Они обладают значительно меньшими массой, габаритами, а главное ценой и могут применяться на широком спектре подвижных объектов. Вместе с тем динамически настроенные гироскопы восприимчивы к вибрации основания что делает их использование в БИНС не таким однозначным. Кроме того, по точности они на несколько порядков уступают лазерным гироскопам. Альтернативой могли бы послужить гироскопы с электростатическим подвесом. Лишенные воздействия силы трения и работающие на выбеге, они обладают великолепными точностными и массогабаритными характеристиками, но сложны в производстве и дороги.

Перспективными датчиками угловой скорости могут стать твердотельные волновые гироскопы (ТВГ), показанный на рис.1 а). Твердотельный волновой гироскоп БИНС гражданского назначения в качестве интегрирующего гироскопа.

Конструкция ТВГ представлена на рис.1 б). Чувствительным элементом гироскопического прибора является резонатор – тонкая полусферическая оболочка, закрепленная на цилиндрическом стержне. Резонатор изготавливается из материалов, обладающих высокой изотропией и добротностью (кварцевого стекла, синтетического сапфира).

Главным достоинством волнового твердотельного гироскопа является простота конструкции и точность измерений. Достижение высокой точности требует, кроме использования материалов со стабильными характеристиками, высокоточной и корректной математической модели зависимости угла волны от поворота резонатора; использования надежных систем генерации, поддержания колебаний резонатора, считывания информации; постоянный контроль и коррекция метрологических характеристик прибора.



а)



б)

Рисунок 1– Твердотельный волновой гироскоп

К недостаткам известных конструкций гироскопов можно отнести следующее: – металлизация внешней и внутренней поверхностей значительно снижает добротность резонатора; – датчики на нижнем или верхнем основании находятся в области середины полусферической поверхности резонатора, где амплитуда колебаний резонатора значительно меньше, чем амплитуда колебаний кромки резонатора, что приводит к снижению точности измерений; – постоянное напряжение на поверхности резонатора приводит к появлению токов утечки между электродами и, как следствие, возникновению дополнительных составляющих ухода гироскопа; – малая величина рабочих зазоров между поверхностями верхнего основания, резонатора и нижнего основания требует высокой точности изготовления деталей и поддержания высокого вакуума в приборе.

В целом ТВГ является достаточно точным, простым и дешевым датчиком угловой скорости для навигационных систем.

Список литературы

1. Переваги використання динамічно налаштованих гіроскопів у безплатформових інерціальних навігаційних системах / О.М. Сапегін, М.О. Романов // Актуальні задачі сучасних технологій: Збірник тез доповідей Том 1. IV Міжнародної науково–технічної конференції молодих учених та студентів, 25-26 листопада 2015р., м. Тернопіль. – 2015. – с. 32–33.

ПОКАЗАТЕЛЬ ФРАКТАЛЬНОСТИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ УЯЗВИМОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Шостак А.В.¹⁾, Дорошенко Ю.И.²⁾

¹⁾ *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского,
ул. Чкалова 17, Харьков, Украина 61070, A.Shostak@csac.khai.edu*

²⁾ *Национальный технический университет “Харьковский
политехнический институт”, ул. Фрунзе 21, Харьков, Украина 61002,
auts@outlook.com*

При выборе наиболее защищенной конфигурации компьютерной системы по уровню информационной безопасности программного обеспечения (ПО) основное внимание уделяется оценке параметров и прогнозированию уязвимостей ПО.

Характеристики уязвимостей ПО получают на основе анализа общедоступных баз данных уязвимостей (БДУ), например, NVD и CVE. На основании данных из этих БДУ для конкретного ПО может быть получен временной ряд $T1$, содержащий временные задержки между соседними уязвимостями, а также временной ряд $T2$, содержащий временные задержки между патчами и соответствующими им уязвимостями.

Оценка показателя Херста H фрактальности временного ряда уязвимостей позволяет судить о самоподобности этого ряда. Значение показателя (коэффициента) Херста H лежит в интервале от 0 до 1.

В случае $0 \leq H < 0,5$ говорят о антиперсистентности процесса. Здесь высокие значения процесса появления уязвимостей ПО следуют за низкими, и наоборот. Процесс неустойчив. Другими словами, вероятность того, что на $i+1$ шаге процесс отклоняется от среднего в противоположном направлении (по отношению к отклонению на i шаге) настолько велика, насколько параметр H близок к 0.

При $H=0,5$ отклонения процесса появления уязвимостей от среднего являются действительно случайными (абсолютно случайными) и не зависят от предыдущих значений (белый шум), что соответствует случаю броуновского движения.

В случае $0,5 < H \leq 1$ говорят о персистентном (поддерживающемся) поведении процесса появления уязвимостей ПО либо о том, что процесс обладает длительной памятью.

Иначе говоря, вероятность того, что процесс на $i+1$ шаге отклоняется от среднего в том же направлении, что и на i шаге настолько велика, насколько параметр H близок к 1. Т.е. персистентные стохастические процессы обнаруживают четко выраженные тенденции изменения при относительно малом “шуме”. Чем H ближе к 1, тем сильнее тренд (за подъемом наверняка следует подъем, а за спадом – спад).

Именно свойство персистентности оправдывает применение различных авторегрессионных моделей для моделирования и предсказания значений временных рядов уязвимостей, а значит и уровней информационной безопасности ПО. Оценка показателя Херста H выполнена в соответствии с R/S -анализом [3].

Посредством вычисления накопленных сумм случайных центрированных значений рассчитывается следующий кумулятивный ряд:

$$X(t, n) = \sum_{i=1}^t (X_i - M_x(n)), 1 \leq t \leq n < N, \quad (1)$$

где X – временной ряд уязвимостей ПО длины N ; $M_x(n)$ – среднее арифметическое элементов подпоследовательности ряда X длины n (n – длина скользящего по временному ряду из N чисел окна), $n < N$.

Далее вычисляется функция размаха накопленных сумм $R(n)$ как разность между максимальным и минимальным значениями $X(n)$ для каждой подпоследовательности длины n :

$$R(n) = \max(X(t, n)) - \min(X(t, n)), 1 \leq t \leq n. \quad (2)$$

Определяется среднеквадратическое отклонение $S(n)$ подпоследовательности длины n :

$$S(n) = \sqrt{S_n^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^t (X(i, n) - M_x(n))^2}. \quad (3)$$

R/S -статистика (нормированный размах накопленных сумм):

$$R/S = R(n)/S(n). \quad (4)$$

Для $p = [N/n]$ ($[*]$ – целая часть $*$) подпоследовательностей длины n получено усредненное значение нормированных размахов накопленных сумм $RS'(n)$.

Аналогично определены $(x(n), y(n)) = (\ln(n), \ln(RS'(n)))$ – всего k точек (k определяется количеством различных $n - n_{\min} = 10, n_{\max} = [N/2]$).

Коэффициент Херста H оценивался на основании метода наименьших квадратов как угловой коэффициент наклона прямой тренда, проходящей максимально близко к полученным k точкам.

Список литературы

1. Белобородов А. Ю., Горбенко А. В., Харченко В. С. Применение аппарата теории массового обслуживания для исследования процессов выявления и устранения уязвимостей программных средств // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. 2014. – № 5 (69). – С. 65 – 69.
2. Петров В. В., Платов В. В. Исследование самоподобной структуры телетрафика беспроводной сети // Радиотехнические тетради. 2004. – № 30. – С. 58 – 62.
3. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков: Применение теории хаоса в инвестициях и экономике. – М: Интернет-тренд, 2004. – 304 с.

СЕКЦИЯ 2 МЕДИЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЭЛЕКТРОННЫМ СИСТЕМАМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЭТИЛЕНА В ФРУКТОХРАНИЛИЩАХ

Бородай И.И.¹⁾, Кунденко Н.П.¹⁾

¹⁾ Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко, Украина, г. Харьков, ул. Алчевских 44

Процесс хранения – это этап технологического цикла товародвижения от выпуска готовой продукции до ее потребления или утилизации, цель которого – обеспечить стабильность исходных свойств продукции.

При хранении проявляется одно из важнейших потребительских свойств сельскохозяйственной продукции – сохраняемость, благодаря которому возможно доведение товаров от изготовителя до потребителя независимо от их местонахождения, если сроки хранения превышают сроки перевозки. Так, бананы, ананасы, выращиваемые в тропических странах, – распространенный товар в самых отдаленных регионах земного шара благодаря их хорошей сохраняемости. В то же время многие не менее ценные тропические плоды реализуются только в местах выращивания из-за низкой сохраняемости.

Конечный результат эффективного хранения товаров — сохранение их без потерь или с минимальными потерями в течение заранее обусловленного срока. Показателями сохраняемости служат выход стандартной продукции, размер потерь и сроки хранения.

Выход стандартной продукции и потери связаны обратно пропорциональной зависимостью. Чем выше потери, тем меньше выход стандартной продукции. Оба показателя сохраняемости зависят от условий и сроков хранения.

При хранении в плодах и овощах происходят различные физические и физиолого-биохимические процессы, которые оказывают существенное влияние на их качество и сохраняемость. Эти процессы протекают в тесной взаимосвязи и зависят от природных свойств плодов и овощей, наличия повреждений, зрелости, качества товарной обработки, режима хранения и других факторов. В значительной мере процессы хранения являются продолжением процессов, происходящих в плодах и овощах во время их роста. Но есть и принципиальное различие между ними: во время роста наряду с распадом органических веществ в плодах и овощах осуществляется синтез этих веществ, а в хранящихся объектах происходит главным образом их распад и расход с выделением энергии, необходимой для жизнедеятельности клеток.

Критерием сохраняемости плодов и овощей на практике часто

принимают сроки их хранения и размеры потерь, которые зависят от видовых и сортовых признаков (природных особенностей), условий выращивания, степени зрелости, вида и степени поврежденности, режима хранения и перевозки и других факторов. При этом сроками хранения следует считать время, в течение которого плоды и овощи в нормальных условиях сохраняют свои потребительные достоинства, и имеют минимальные потери, а не любой срок, который может исчисляться до момента их порчи.

Между плодами и окружающей их средой происходит постоянный дыхательный газообмен, необходимый для жизнедеятельности клеток, которые используя накопленные ранее запасы питательных веществ, поглощают кислород и выделяют углекислый газ, водяные пары и летучие органические вещества (этилен и ряд веществ, образующих в совокупности аромат плодов). Таким образом, в хранимых плодах всегда образуется своя внутритканевая атмосфера, отличная по составу от воздуха.

Современная технология хранения плодов в газовой среде является не всегда эффективной и дорогостоящей, что вызывает необходимость в разработке новых, более доступных и менее затратных технологий хранения. Эффективная и доступная технология хранения плодов может быть осуществлена с помощью использования информационного электромагнитного поля для ингибирования синтеза этилена и применению систем контроля за количеством этилена, выделяемого фруктами при их длительном хранении. Для контроля за дыханием плодов в работе была разработана автоматизированная система на основе резонаторного метода измерения диэлектрической проницаемости газообмена плодовоовощной продукции с окружающей средой. Для повышения чувствительности измерений в разработанной системе было использовано измерение изменений малых величин диэлектрической проницаемости (10^{-7} - 10^{-8}) газовой среды хранимых фруктов.

В основу аппаратной реализации была положена не перестраиваемая конструкция измерительного резонатора, которая предопределяет использование перестраиваемого по частоте генератора с кратковременной нестабильностью частоты в пределах (10^{-8} - 10^{-9}), что обеспечивается применением кварцевых генераторов. Для повышения точности и автоматизации процесса измерения была использована частотная автоподстройка (ЧАП) генератора к частоте измерительного резонатора. Для повышения чувствительности измерений мнимой составляющей была разработана система измерения с использованием спектральных методов анализа характеристик СВЧ измерительного резонатора. Контроль за количеством этилена в фруктохранилищах будет способствовать эффективной защите плодов от преждевременного их созревания, старения, поражения физиологическими и грибными болезнями, способствовать продлению сроков хранения.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ДИСФУНКЦИИ ОБОНЯНИЯ

Воропай В.С., Шураев А.А.

Кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина, г. Харьков, пр. Науки 14

Нарушение обоняния возникает в тех случаях, когда затрудняется доступ пахучих веществ к обонятельному нейроэпителию (транспортные потери), повреждается рецепторная зона (потеря ощущения) или поражается центральный обонятельный путь (невральные потери).

Исследованию функции обоняния придают важное значение, как весьма эффективному методу диагностики заболеваний ПНС и ЦНС. Нередко нарушения обоняния, чаще всего односторонние (например, объективная гипосмия или обонятельные галлюцинации), могут проявляться в числе наиболее ранних симптомов внутричерепного заболевания [1].

В настоящее время не существует методов обследования, позволяющих различить сенсорные и невральные расстройства обоняния. Необходимые сведения о причине заболевания дает анамнез. Ведущая роль в развитии нарушений обоняния принадлежит черепно-мозговой травме и вирусным инфекциям. Черепно-мозговая травма является частой причиной развития аносмии у детей и людей молодого возраста, а вирусные инфекции – у лиц более старшего возраста. В 5-10% случаев черепно-мозговая травма сопровождается снижением обоняния (одно- или двусторонним). Посттравматическая аносмия, как правило, не поддается лечению; только у 10% больных, отмечают полное или частичное восстановление обоняния [2].

Центральные обонятельные нарушения разнообразны и подразделяются на поражение первичных обонятельных образований в медиобазальных отделах передней черепной ямки, что проявляется гипо- и аносмией на стороне патологического процесса, и поражение вторичных обонятельных образований в височно-базальных отделах средней черепной ямки, что проявляется в нарушении распознавания запахов, гиперосмией или обонятельными галлюцинациями. Причинами центральных обонятельных нарушений могут быть черепно-мозговая травма, нарушение мозгового кровообращения, опухоли головного мозга, демиелинизирующие процессы, обменные нарушения, генетические и инфекционные заболевания, саркоидоз, болезни Паркинсона, Альцгеймера.

Расстройства обоняния приводят к нарушению биологической роли обонятельных сигналов: аттрактантов, репеллентов, феромонов. Становится невозможным выполнение пахучими веществами сигнальной функции: пищевой, половой, охранительной, ориентировочной.

Утрачивается возможность положительного влияния «приятных» запахов на эмоциональное состояние и работоспособность человека. Аносмия опасна для одиноких пожилых людей, в том числе из-за утраты способности распознавать запах меркаптанов, что увеличивает уровень риска при использовании бытовых газовых приборов.

Имеющиеся в литературе сведения о характере перестроек электрической активности головного мозга человека (в основном изменений характеристик текущей ЭЭГ) под воздействием обонятельных стимулов разрозненны и часто противоречивы [3], так же неизвестны изменения, которым будет подвержена ЭЭГ при патологии обонятельной функции, что обуславливает ценность исследований, проводимых в этой тематике.

Все способы исследования обоняния делятся на субъективные, косвенно объективные и объективные. В повседневной клинической практике применяются в основном субъективные, основанные на предъявлении обследуемому тестирующего вещества и его словесном отчете.

Объективные методы основаны на регистрации ЭКоГ и ЭЭГ. ЭКоГ применяют в эксперименте на животных или во время нейрохирургической операции, электроды для регистрации биопотенциалов устанавливают на обонятельную зону коры ГМ. При ЭЭГ электроды помещают на кожные проекции корковых зон обонятельного анализатора, расположенных в височно-базальных отделах гиппокампа. Однако и к результатам этих исследований следует относиться с определенной долей недоверия. Только в том случае, когда ЭКоГ-потенциалы синхронизируются с обонятельной стимуляцией и соответствуют по форме типичным осцилляциям, можно утверждать, что рефлекторный путь «рецептор – кора» функционирует. Однако и здесь вопрос о качественной стороне восприятия в последней инстанции остается открытым, например, при феномене паросмий. Методы ЭКоГ и ЭЭГ при оценке обонятельной функции имеют определенную ценность в комплексном обследовании больных с объемными процессами в теменно-затылочно-височной области [4].

Список литературы

1. Морозова С.В., Савватеева Д.М. Обонятельные расстройства у пациентов с нейродегенеративными и психическими заболеваниями. – М.: РМЖ, 2014.
2. Харрисон Т. Р. Внутренние болезни. – М.: Медицина, 1997.
3. Макачук Н. Е. Обоняние и поведение. – Киев: КСФ, 2000.
4. Овчинников Ю.М. Нарушения обоняния (вопросы теории, диагностики, лечения). – М.: ММА им. И.М. Сеченова, 1999.

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА МЕДИЦИНСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕДУР ВНУТРИВЕННОЙ ИНФУЗИИ ОЗОНИРОВАННОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО РАСТВОРА

Глухенькая Т.А., Кипенский А.В., Король Е.И.
*Национальный технический университет «ХПИ»,
г. Харьков, ул. Фрунзе, 21, e-mail: kavkpi@ukr.net*

Внутривенная инфузия (ВВИ) озонированного физиологического раствора (ОФР) является одной из наиболее распространённых процедур озонотерапии. Поскольку такую процедуру можно рассматривать как услугу в медицинской сфере, то ее *качество* будем определять на основе таких показателей как *медицинская результативность, социальная удовлетворенность пациентов и экономическая эффективность* [1].

При этом под медицинской результативностью целесообразно понимать некоторый показатель, который характеризует проведение процедуры с точки зрения корректности дозировки озона. Такой подход обусловлен тем, что коэффициент растворения озона в физиологическом растворе (ФР) не является постоянной величиной, даже для образцов ФР одного производителя. Кроме того, проведенные экспериментальные исследования показали, что скорость разложения озона в ОФР в процессе отпуска процедуры также не одинакова от образца к образцу [2]. Все это в значительной степени затрудняет дозирование процедур ВВИ ОФР. Повышение точности дозировки озона при проведении процедур ВВИ ОФР оказывается возможным лишь за счет использования специальных технических средств, которые позволяют измерять концентрацию озона (КО) в ФР в процессе его насыщения озоном и обеспечивают стабилизацию КО в ОФР в ходе проведения процедуры [3].

Для определения функциональной зависимости показателя медицинской результативности K_M от дозы озона, полученной пациентом в процессе процедуры ВВИ ОФР, был использован метод экспертного оценивания. В экспертную группу было приглашено 11 экспертов, среди которых один доктор медицинских наук, четыре кандидата медицинских наук и четыре врача высшей категории. Средний стаж их работы в области озонотерапии составил почти 13 лет. Экспертам предлагалось по десятибалльной системе (от 10 до 0) оценить процедуру ВВИ ОФР, отпущенную с корректной дозировкой озона (100 %) и с ошибками (до ± 90 %).

Оценки каждого из одиннадцати экспертов сведены в табл. 1, где в последней строке приведены средние значения оценок для каждого значения полученной пациентом дозы озона. Соответствующая этой строке функциональная зависимость показана пунктирной кривой на рис. 1. При традиционном подходе, такая кривая может быть аппроксимирована полиномом (в данном случае наилучший результат дал полином шестого

порядка):

$$K_{\text{М ПОЛ}} = -2 \cdot 10^{-11} M_{\text{О ПАЦ}}^6 + 10^{-8} M_{\text{О ПАЦ}}^5 - 3 \cdot 10^{-6} M_{\text{О ПАЦ}}^4 + 2 \cdot 10^{-4} M_{\text{О ПАЦ}}^3 - 59 \cdot 10^{-4} M_{\text{О ПАЦ}}^2 + 0,0825 M_{\text{О ПАЦ}} - 0,1404, \quad (1)$$

где $M_{\text{О ПАЦ}}$ – доза озона (от 10 % до 190 %), полученная пациентом в процессе отпуска процедуры ВВИ ОФР.

При этом коэффициент корреляции между кривой, соответствующей экспертной оценке, и кривой, построенной по выражению (1), составил 0,989. Однако, не смотря на хорошее совпадение, использование выражения (1) оказывается неудобным, в частности потому, что максимальное значение, которого достигает соответствующая кривая, составляет лишь 9,5.

Таблица 1 – Экспертное оценивание процедур внутривенной инфузии при корректной дозировке озона и отпуске процедур с нарушением дозировки

Доза озона, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100	105	110	120	130	140	150	160	170	180	190
Оценки 1 эксп.	0	0	4	4	7	8	8	8	10	10	10	10	10	8	8	5	3	2	0	0	0
Оценки 2 эксп.	0	0	1	1	3	6	7	7	9	10	10	10	8	8	2	1	1	1	1	1	0
Оценки 3 эксп.	0	0	4	4	5	7	8	8	9	10	10	10	10	8	8	4	0	0	0	0	0
Оценки 4 эксп.	1	2	2	3	5	7	8	8	9	10	10	10	10	8	8	5	3	1	1	1	1
Оценки 5 эксп.	0	0	4	4	7	8	8	8	9	10	10	10	10	8	8	5	1	1	0	0	0
Оценки 6 эксп.	0	0	1	2	2	5	7	7	9	10	10	10	9	8	2	1	1	0	0	0	0
Оценки 7 эксп.	0	0	1	1	3	6	7	7	9	10	10	9	8	8	1	1	1	0	0	0	0
Оценки 8 эксп.	0	0	1	2	3	6	7	7	9	10	10	9	8	6	1	1	1	0	0	0	0
Оценки 8 эксп.	0	0	1	1	3	5	7	7	9	10	10	10	3	3	2	1	0	0	0	0	0
Оценки 10 эксп.	0	0	0	1	3	5	7	9	10	10	10	10	10	9	8	5	4	2	2	1	1
Оценки 11 эксп.	0	0	1	1	4	4	8	9	9	10	10	10	9	9	7	6	5	2	1	0	0
Средняя оценка	0,1	0,2	1,8	2,2	4,1	6,1	7,5	7,7	9,2	10	10	9,8	8,6	7,5	5,0	3,2	1,8	0,8	0,5	0,3	0,2

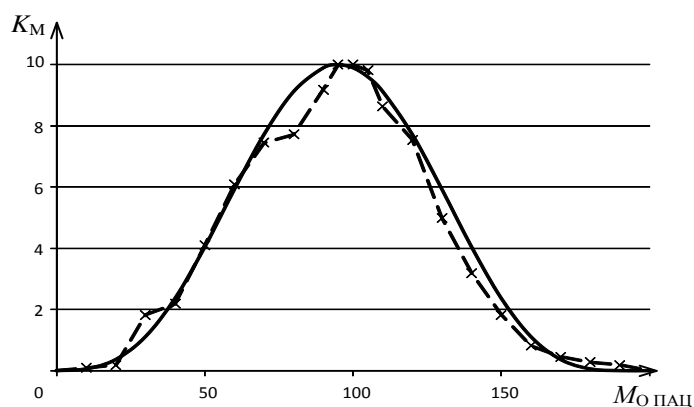


Рисунок 1. Зависимости оценки медицинской результативности процедур внутривенной инфузии от дозы озона, полученной пациентом

Дальнейшие исследования показали, что среднее значение зависимости показателя медицинской результативности от дозы озона, полученной пациентом в процессе отпуска процедуры ВВИ ОФР, можно описать выражением вида

$$K_M = 10 \cdot \left(1 - \left(\frac{M_{O \text{ ПАЦ}}}{M_{O \text{ ДОЗА}}} - 0,95 \right)^2 \right)^4, \quad (2)$$

где $M_{O \text{ ДОЗА}}$ – доза озона (100 %), назначенная врачом пациенту, с учетом его анатомических особенностей и имеющей место патологии.

Аналитическая зависимость показателя медицинской результативности, рассчитанная по выражению (2), приведена на рис. 1 сплошной линией. Для оценки соответствия между аналитической зависимостью (см. выражение (2)) показателя медицинской результативности и экспертной оценкой (последняя строка табл. 1), был использован коэффициент корреляции, значение которого составило 0,993. Из этого следует, что для оценки медицинской результативности процедур ВВИ ОФР вполне может быть использовано аналитическое выражение (2).

При оценке *качества процедур* ВВИ ОФР показателем социальной удовлетворенности можно пренебречь, поскольку сравниваются процедуры, идентичные с точки зрения восприятия пациентом. Экономическую эффективность следует определять с учетом затрат на проведение процедуры, а в качестве показателя таких затрат можно использовать массу озона, израсходованную на приготовление ОФР, поскольку для ее производства необходимы исходный медицинский кислород, электроэнергия и соответствующее оборудование.

Разработанные критерии оценки качества процедур ВВИ ОФР позволяют всесторонне сравнивать различные методы их проведения.

Список литературы

1. Основные показатели эффективности медицинской деятельности // Электронный журнал «Отдельные вопросы экономики» [электронные ресурсы] – режим доступа <http://www.ekonomika-st.ru/ekonomika/ekonomika-zdrav/ekonomika-zdrav-24-3.html>.

2. Моделирование процессов озонирования физиологического раствора и разложения озона в нем / Т.А. Глухенькая, А.В. Кипенский, Е.И. Король и Е.И. Назаров // Матеріали II Всеукр. наук.-техн. конф. «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування», 10-11 грудня 2015 р., м. Харків. – Х.: ТОВ «В справі», 2015. – С. 29–30.

3. Новый метод озонирования физиологического раствора и его внутривенной инфузии / Т.А. Глухенькая, А.В. Кипенский, Е.И. Король и Е.И. Назаров // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 25(1197). – С. 36–44.

РАЗРАБОТКА ИНСУФФЛЯТОРА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ

Долгопятенко А.Д.¹⁾, Мотко А.В.¹⁾, Аврунин О.Г.¹⁾, Чиж Н.А.²⁾

¹⁾ *Харьковский национальный университет радиоэлектроники;*

г. Харьков, пр. Науки, 14

²⁾ *Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины,*

г. Харьков, ул. Переяславская, 23

Внедрение лапароскопических операций в экспериментальную хирургию невозможно представить без эндоскопической установки и соответствующих инструментов. Одним из аппаратов, входящим в состав эндоскопической установки является инсуффлятор. Прибор предназначен для создания пневмо- или карбоксиперитонеума в брюшной полости биообъекта, что позволяет формировать определенное оперативное пространство и проводить диагностические и/или хирургические манипуляции. Отсутствие инсуффляторов для работы с экспериментальными животными и большая стоимость медицинских приборов создает необходимость в разработке такого вида оборудования.

Созданная система обеспечивает регулирование расхода и настройку давления и включает компрессор КМ с приводящим электродвигателем М, который представлен в виде импульсного ингалятора; ресивер РЕ, в качестве которого выступает пластиковый сосуд вместимостью 20м³; влагоотделитель ВД; осушитель воздуха ОВ; регулируемый дросель ДР1; расходомер РА с встроенным регулируемым дросселем ДР2; клапан обратный КО; клапаны предохранительные КП1 и КП2; манометры МН1 и МН2; дросель (задвижка) ДР3; контрольные точки давления КТД1 и КТД2.

Клапан обратный КО обеспечивает герметичность ресивера РЕ блока А при отключении приводящего двигателя М компрессора КМ.

Дроссель ДР1 обеспечивает плавное регулирование расхода воздуха на входе в расходомер РА, а также благодаря своей герметичности обеспечивает полное перекрытие прохода воздуха к блоку Б, требуемое при заполнении ресивера РЕ и поддержания в нем постоянного давления при подготовке к эксплуатации. Дроссель ДР2 на выходе из расходомера РА открыт постоянно на один оборот и в эксплуатации не используется.

Дросель ДР3 выполняет функцию задвижки, обеспечивая при необходимости экстренное снижение давления в объекте исследований ОИ или имитаторах при настройке системы к эксплуатации.

Клапан предохранительный КП1 обеспечивает настройку высокого давления в ресивере РЕ. С помощью реле давления РД обеспечивается электрическая сигнализация о достижении требуемого или максимального значения давления в зависимости от принятого алгоритма контроля параметров пневмосистемы.

Клапан предохранительный КП2 обеспечивает поддержание требуемого значения давления p_{oi} на входе в объект исследований ОИ (порядка 15...20 мм рт. столба).

Устройства ВД и ОВ относятся к кондиционерам воздуха (на первом этапе контрольно-доводочных испытаний или при работе в сухом малозапыленном помещении могут не устанавливаться).

Контрольные точки давления КТД1 и КТД2 могут быть использованы для установки дополнительных средств измерения давлений, например, преобразователей давления с аналоговым выходным сигналом.

Для настройки пневмосистемы рекомендуется использование имитаторов объекта исследований ОИ, в качестве которых удобно использовать надувной резиновый шарик ШВ сферической формы или коаксиальные воздушный (мерный) и водяной цилиндры ВЦ. Следует подобрать эластичный шарик или предварительно выдержать шарик в надутом состоянии несколько суток). Шарик подключают к пневмосистеме вместо объекта исследований ОИ.

Таким образом, разработана система для инсuffляции, которая позволяет выбирать и поддерживать оптимальное давление газа в брюшной полости и в дальнейшем проводить эндоскопические операции на лабораторных животных. В следствии экспериментов, было установлено что при объеме ресивера 20 л, достаточно создать давление питания 350 мм. рт. ст. Этого вполне хватает для проведения операций на кролике или нескольких мелких грызунах, например, крысах.

Установлено, что для повышения точности измерений, таких как внутрибрюшное давление или давление в модели, измерительный прибор должен быть подключен в непосредственной близости в объекту исследований (до 25 см). Выяснено, что использование такой аппаратуры позволяет приступить к дальнейшим исследованиям непосредственно на экспериментальных животных. Рекомендуется не перегружать насос частыми процедурами подкачки газа в ресивер, так как первый может перегреться и ненадолго (до 5 минут) выйти из строя, поэтому следует начинать использовать систему с давлением в ресивере от 1,5 атм.

В перспективе планируется разработка системы инсuffляции с микроконтроллерным управлением параметрами газового потока.

ФРАКТАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Драган Е.О.¹⁾, Поворознюк. А.И.¹⁾

¹⁾ *НТУ «ХПИ», г. Харьков, ул. Фрунзе 21, e-mail: dragan_eo@mail.ru*

Обработка цифровых изображений давно стала составляющей исследований практически во всех областях науки. Работа с образцами из какой-либо предметной области подразумевает не только извлечение некоторых данных из изображений, но и классификацию снимков, работу со сложноструктурированными образцами, с неочевидными закономерностями и особенностями, зачастую заметными лишь специалистам в этой области. В медицине возможность автоматически обрабатывать большие наборы изображений, распознавать снимки микроскопа определенной тематики, определять тип ткани, обнаруживать опухоли, определять наличие каких-либо соединений может значительно повлиять на ход исследований, облегчить процесс работы с изображениями, например, ускорить обнаружение болезни, постановки диагноза, что помогает подобрать своевременное и адекватное лечение. Существует большое количество методов обработки: фрактальный и текстурный анализ, фильтрация, вейвлет-преобразования и нейросетевое моделирование. К настоящему моменту сложилась определенная практика применения тех или иных методов в определенных областях исследований. Тем не менее сочетание нескольких методов всегда более надежно, а, кроме того, применение “нестандартного” способа может неожиданно привести к интересным результатам.

Один из широко используемых подходов к анализу изображений – фрактальный анализ. Фрактами, по определению Б. Мандельброта, называют множества, для которых их фрактальная размерность больше топологической. Как правило, такие множества обладают сложной геометрической структурой, а также свойствами самоподобия. Характеристикой, отражающей это самоподобие, является фрактальная размерность. Понятие размерности фрактала уже получило применение во многих дисциплинах, в том числе в информатике, например, для сжатия и кодирования изображений, анализа текстур, обработки документов. Нетрадиционные для классической геометрии подходы, применяемые во фрактальном анализе, помогают получить новые данные об исследуемом образце, проанализировать его часто довольно сложную, нерегулярную структуру снимки фармакологических препаратов, тканей живых организмов, разломов геологических пород и т. п. Как хорошо известно, одним из источников изображений, обладающих сложной структурой, являются динамические системы. Их фазовые портреты демонстрируют необычайное богатство структур – как фрактальных, так и мультифрактальных, а изображение инвариантных множеств

рациональных преобразований плоскости (множеств Жюлиа) можно отнести также к искусству компьютерной графики.

Распространение компьютерных технологий стало началом разработки различного ПО, направленного на улучшение качества диагностирования разного рода заболеваний и изменения доли участия "человеческого фактора" во время постановки диагноза.

В современном мире рак молочной железы находится на первом месте среди онкозаболеваний женщин. Актуальность поиска методов эффективного диагностирования обусловлена постоянным увеличением количества больных. Несмотря на постоянное развитие и усовершенствование методов диагностики рака молочной железы, в данный момент не существует комплексных и эффективных средств, которые позволяют повысить обоснованность и достоверность компьютерного диагноза на основе маммограмм. Таким образом остается актуальной проблема поиска методов диагностики патологий на медицинских изображениях, в том числе и на маммограммах

Расчет фрактальной размерности состоит в определении покрывающего множества. Изображение рассматривается как матрица единиц или нулей, где 1 - черный цвет, а 0 - белый. Расчет покрывающего множества выполняется следующим образом. Матрица делится на квадраты со стороной ε . К покрывающему множеству относятся те квадраты, в которых есть хоть один черный пиксель. Таким образом получаем N - количество квадратов, которые входят в покрывающее множество. Для данной стороны квадрата ε . На следующей итерации уменьшаем ε вдвое и подсчет повторяется. Уменьшение происходит, пока ε не сравняется с единицей. Построив сетки для различных ε , получаем таблицу найденных N при различных ε . Строим график зависимости $\ln(N)$ от $\ln(\varepsilon)$. Наклон этого графика вычисляется методом наименьших квадратов. Это число и является фрактальной размерностью изображения.

Для полутоновых изображений метод основан на построении над полутоновым изображением графика поверхности функции градации серого. Затем эта поверхность «утолщается» — для нее строится специальное δ -параллельное тело, называемое покрывалом. Вычисляется его объем, приближение к площади поверхности и фрактальная размерность поверхности. Техника построения покрывала основана, видимо, на идее Б. Мандельброта о способе приближенного вычисления длины береговой линии: построить около линии ленту шириной 2δ , сосчитать ее площадь и поделить ее на 2δ .

В качестве среды разработки выбран язык программирования C#. На данном этапе разработки, программа позволяет читать изображения формата .JPG, и определять фрактальную размерность бинарных изображений.

ЦИФРОВА ОБРОБКА ЕХОКАРДІОГРАМ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗАПАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ СЕРЦЯ

Карпенко В.В.¹⁾, Іванушкіна Н.Г.²⁾, Іванько К.О.³⁾

**¹⁾ Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут», 03056 Україна, Київ,
вул. Політехнічна 16, корп.12, к.423, e-mail: imetherlastoctober@gmail.com**

**²⁾ Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут», 03056 Україна, Київ,
вул. Політехнічна 16, корп.12, к.423, e-mail: n.ivanushkina@gmail.com**

**³⁾ Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут», 03056 Україна, Київ,
вул. Політехнічна 16, корп.12, к.423, koondoo@gmail.com**

Мета роботи - вдосконалення технологій обробки ехозображень серцевої діяльності в нормі та при патології (запальних захворюваннях серця).

До запальних захворювань серця відносяться: ендокардит – запалення внутрішньої оболонки серця – ендокарда; міокардит – запальна поразка серцевого м'яза – міокарда; перикардит – запальне ураження зовнішньої оболонки серця – перикарда [1, 2].

У клінічній практиці при дослідженні серця і судин використовуються зазвичай три режими роботи приладу: одновимірний (М - модальний), двовимірний (секторальний, В- або 2Д -режим) і доплерівський (ДЕхоКГ) режими [2,3].

В роботі виконана обробка ехозображень серця в М-режимі при захворюванні – міокардит. М-режим (Motion- рух) дозволяє скласти уявлення про рух різних структур серця, які перетинає ультразвуковий промінь. В цьому режимі по вертикальній осі відкладається відстань від тієї чи іншої структури серця до датчика, а по горизонтальній осі - час. Його зазвичай використовують для вимірювання камер серця, просвіту великих судин, розрахунку товщини стінок, деяких гемодинамічних показників. Хоча одновимірність і є його недоліком, проте, якість зображення і точність вимірювання внутрішньо серцевих структур виявляються вищими, ніж при використанні інших режимів.

Оскільки специфічні ехокардіографічні ознаки міокардиту відсутні, ультразвукове дослідження серця проводять з метою визначення розмірів лівого шлуночка і передсердя (ЛШ і ЛП), для динамічної оцінки систолічної та діастолічної функцій серця.

Ультразвуковий сигнал, відбитий від об'єкта дослідження після сканування потрапляє в блок обробки ехозображення. Основою попередньої обробки результатів є фільтрація зображення.

Велика увага в роботі приділена фільтрації різного роду артефактів, які виникають під час реєстрації ехокардіограми. Результати дослідження отримано в вигляді зображень, які оброблені програмою в середовищі *MATLAB*.

Алгоритм програми складається з наступних частин. На отримані зображення накладається певний шум, який в свою чергу потім відфільтровується шляхом використання різних методів фільтрації. Після цього порівнюється відфільтроване зображення з початковим, на яке накладається шум. Далі використовується кореляційна функція для порівняння результатів досліджень і вибору методу фільтрації.

При обробці ехозображень важливу роль відіграють процедури просторової фільтрації, що дозволяють усувати «розмитість» деталей, або покращувати їх фокусування вибором двовимірної *nхn* маски пікселів.

Для кількісного оцінювання результатів розраховано коефіцієнти кореляції між початковим зображенням і зображеннями, отриманими після застосування різних фільтрів. Під час дослідження просторових методів фільтрації ехокардіограм для запального захворювання серця (міокардит) найкращі значення коефіцієнтів кореляції ($k=0.94-0.97$) виявлено для медіанних фільтрів.

Аналіз результатів показав, що шляхом вибору оптимального методу фільтрації шумів, які виникають під час проведення ультразвукового дослідження серця, завдяки покращенню якості зображення можна полегшити діагностику захворювань серця.

Список літератури

1. Абетка Ехокардіографії./Коломієць С.Н.-М.: Одеса, 2010, 48с.
2. Ультразвукове дослідження серця / Михайлов В.Н., Ельфимова Т.Л., Мітьков В.В., Альохін М.Н., Рибаківа М.К., Алексєєв А.Н., Котенко К.В.,Тараканова О.П., Стручков П.В., Ярощук С.А., Крутова Т.В.,Чистов К.С.-М.: Москва, 2011, 287с.
3. Фізичні основи використання ультразвуку в медицині / Резніков І.І., Фаустов Е.В., Зубарев А.Р., Демидова А.К.-М.: Москва, 2015, 97с.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ОЦЕНКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ

Келембет Е.Т., Аврунин О.Г.

Кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина, г. Харьков, пр. Науки 14

В настоящее время, одной из основных задач медицины можно выделить охрану здоровья ребенка, снижение заболеваемости и смертности, так как эти показатели в немалой степени отражают демографию страны. В Украине, в частности, данный вопрос еще более актуален (рис. 1). Среди осложнений, которые могут возникнуть во время беременности, в первую очередь следует выделить гестоз, фетоплацентарную недостаточность, угрозу прерывания беременности. Таким образом, выявление возможного осложнения на ранней стадии в значительной степени способствует последующему лечению. Также, следует принять во внимание тот факт, что на современном этапе развития медицины, происходит постепенный переход от непосредственной борьбы с последствиями, к предупреждению возникновения сложно-диагностируемых состояний.

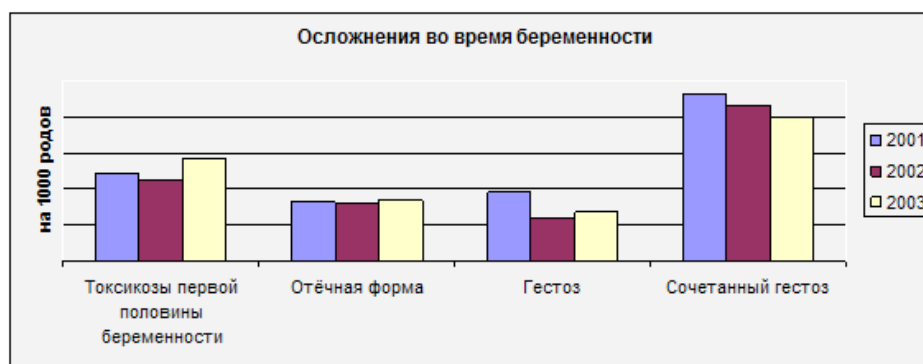


Рисунок 1 – Осложнения во время беременности

Это реализуемо, в том числе и за счет использования современных интеллектуальных информационных средств, обеспечивающих многофакторный анализ состояния человека. Построение таких средств является важной междисциплинарной задачей, затрагивающей области, как медицины, так и специфические технические знания (машинное обучение, обработка и анализ изображений и т.д.).

В первую очередь рассмотрим структурную схему исследования состояния роженицы (рис. 2). Мать и плод представляют собой сложную биологическую систему, анализ которой, следует проводить лишь в комплексе.

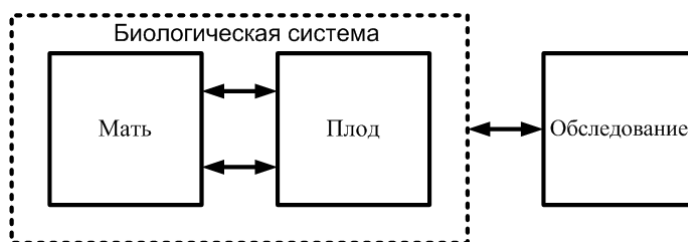


Рисунок 2 – Обобщенная структурная схема исследования состояния роженицы

Основными составляющими, которые влияют на возможность возникновения осложнений, являются:

- возраст (у женщин, которым еще не исполнилось 18 лет, чаще возникают токсикозы, сопровождающиеся появлением белка в моче);
- наличие предыдущих беременностей (чем больше беременностей, тем вероятнее, что предлежание плода будет неправильным);
- количество близнецов;
- физиологические (форма таза, рост, и вес играют значительную роль при вынашивании);
- наличия сопутствующих заболеваний;
- другие факторы.

Поэтому в результате работы, в качестве измеряемых параметров были выделены: возраст роженицы; образование; место проживания; половой дебют; общее количество беременностей; количество родов; наличие заболеваний мочеполовой системы; клинический анализ мочи; клинический анализ крови; наличие инфекционных заболеваний у матери; результаты ультразвукового исследования плода и некоторые другие.

Сложность взаимосвязи этих параметров требует использования специализированных средств анализа данных, а также обучения, для обеспечения построения корректной классификации.

Таким образом, разработка специализированного информационного средства для оценки возникновения во время беременности имеет ключевое значение для развития Украины. Исходя из проведенного анализа показана сложность исследуемой биологической системы (мать-плод); выделены параметры, участвующие в формировании последующего состояния, как матери так и плода; показана необходимость использования специализированных средств машинного обучения при построении таких средств. Перспективой работы является апробация и внедрение разрабатываемых средств, как в специализированные медицинские отделения, так и их использование в учебных медицинских учреждениях при задачах тренинга и обучения процесса диагностирования.

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ

Колесник К.В., Томашевский Р.С.

НТУ «ХПИ», Харьков, ул. Фрунзе, 21, kolesniknet@ukr.net

К разработке и выпуску продукции медицинского назначения по вполне логичным причинам всегда выставляются особенные требования по эффективности и качеству. В Украине этот вопрос регулируется рядом нормативных актов, среди которых следует отметить ДСТУ ISO 13485:2005 «Вироби медичні. Система управління якістю. Вимоги щодо регулювання». Этот стандарт является тождественным переводом международного стандарта ISO 13485: 2003 [1], который устанавливает требования к системе менеджмента качества при создании медицинских изделий. Обязательным условием сертификации данной продукции является требование, что организация-производитель электронной медицинской аппаратуры (ЭМА) докажет свою способность систематически предоставлять данные изделия и связанные с ними услуги, которые одинаково удовлетворяют требованиям заказчика и обязательным требованиям стандартов, применяемым к ним.

Особенностью применения ЭМА является взаимодействие в процессе ее эксплуатации с человеком (пациентом) с целью контроля его медико-биологических параметров (диагностика), или дозированного лечебного воздействия на его организм (терапия). Такое взаимодействие обуславливает наличие особых требований к ЭМА с точки зрения безопасности применения, точности измерения или дозирования, а также простоты, удобства и эргономического дизайна – достаточные для безошибочного и комфортного ее применения.

Порядок выполнения и перечень требований к контролю качества вышеуказанных параметров ЭМА изложены в Законах Украины и соответствующей нормативной документации.

Закон Украины № 3164-IV от 01.12.2005 «Про технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» определил взаимоотношения в сфере метрологического контроля и сертификации изделий ЭМА, и общие требования к качеству медицинской техники в технических регламентах.

Второго октября 2013 года Кабинетом Министров Украины принята новая редакция «Технических регламентов в сфере обращения медицинских изделий», утвержденные Постановлениями КМУ № 753 и 754 «Об утверждении Технического регламента относительно медицинских изделий» от 02.10.2013. В Законе № 124-VIII от 15.01.2015 «Про технічні регламенти та оцінку відповідності», вступившем в силу в этом году, было закреплено понятие технических регламентов для различных категорий ЭМА.

При этом предусмотрены различные «Технические регламенты» [2]:

для медицинских изделий общего назначения, медицинских изделий для диагностики *in vitro*, и активные медицинские изделия, которые имплантируются. «Технические регламенты...» определяют минимально необходимый перечень документов для оценки соответствия качества МИ. Разные процедуры оценки соответствия предполагают подачу разного пакета документов, определенные в «Приложениях Технического регламента». Кроме того, «Технические регламенты» определяют основные требования к качеству МИ, а в том числе и ЭМА, которые должны быть учтены при их метрологическом контроле и сертификации, и определяют основные требования к ЭМА:

- требования к функционированию ЭМА по назначению;
- требования к обеспечению безопасности использования ЭМА;
- требования к полноте и информативности получаемой биомедицинской информации или точности дозирования физиотерапевтических процедур.

При этом необходимо также учитывать действующие стандарты: ГОСТ 20790-93 «Приборы, аппараты и оборудование медицинское. Общие технические условия», требования Закона Украины «Про метрологію та метрологічну діяльність» и др.

В настоящее время в лаборатории биомедицинской электроники НТУ «ХПИ» с учетом вышеприведенной нормативной документации выполняются ряд проектов по разработке и сертификации ЭМА, такие как, например - создание портативного цифрового спирометра ЦПС14/1 [3,4].

В результате проведенных испытаний было получено «Свідоцтво про метрологічну атестацію», подтверждающее соответствие параметров цифрового портативного спирометра ЦПС-14/1 Медико-техническим требованиям и требованиям действующих стандартов.

Список литературы

1. International Organisation for Standardisation. ISO 13485:2003. Medical devices - Quality management systems – Requirements for regulatory purposes. Geneva, Switzerland, 2008. // www.iso.org. 64 p.

2. Новые требования для введения в обращение медицинских изделий: оценка соответствия Техническим регламентам / www.cratia.ua.

3. Томашевский Р.С., Колесник К.В., Савченко К.А. Метод оценки параметров турбинных спирометров // Материалы II Всеукраинской научно-практической конференции»: Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения». – Украина, Харьков. – 2015. НТУ ХПИ, – С 71-72.

4. Sokol Y.I., Tomashevsky R.S., Kolisnyk K.V. Turbine Spirometers Metrological Support // International Conference on Electronics and Information Technology (EIT'16). Conference Proceedigs / IEEE Catalogue Number: CFP16F79-PRT, ISBN: 978-1-5090-2225-0 Ukraine, Odesa. May 23-27, 2016. P. 35-38.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЕЙ ARDUINO ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ БИМЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Колесник К.В., Шишкин М.А., Папирный К.А.

НТУ «ХПИ», Харьков, ул. Фрунзе 21,

kolesniknet@ukr.net, m_shishkin@inbox.ru

В задачах современной телемедицины особое место занимает мониторинг биомедицинских параметров удаленно расположенного пациента, позволяющий патронирующему врачу иметь оперативно достоверную информацию о его состоянии, и дистанционно контролировать ход лечения [1]. При этом в зависимости от профиля заболевания состав контролируемых параметров может изменяться, однако зачастую необходимо одновременно получать сразу несколько биометрических сигнала, среди которых и сигналы сложной формы (ЭКГ, ЭЭГ и др.). Так, в случае заболеваний сердечно-сосудистой системы особо важными биомедицинскими параметрами пациента, позволяющими осуществлять качественную оценку его текущего состояния являются параметры пульсометрии, ЭКГ, функции органов дыхания и температуры тела [2].

Кроме того, необходимо учитывать тот факт, что одним из важнейших требований, предъявляемых к телемедицинским комплексам (ТМК), является универсальность их применения по отношению к решаемым задачам контроля биомедицинских параметров пациентов. Это может быть достигнуто применением модульной конструкции телемедицинского комплекса, которая позволяет комплектовать его под конкретную задачу с минимальными затратами времени и ресурсов, имея основной (базовый) набор модулей [3].

К таким модулям можно отнести модули платформы *Arduino*, которые применяются для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков. Среди множества существующих в настоящее время микроконтроллеров и платформ для осуществления «physical computing», таких как Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard и многие другие, данная платформа обладает рядом существенных преимуществ: *низкая стоимость* – платы *Arduino* относительно дешевы по сравнению с другими платформами, *кросс-платформенность* – программное обеспечение *Arduino* работает под ОС Windows, Macintosh OSX и Linux, тогда как большинство же существующих микроконтроллеров ограничивается ОС Windows, *Простая и понятная среда программирования* – Processing.

Однако для медицинских целей данная платформа не сертифицирована, потому необходимо было исследовать возможность ее использования для задач телемедицины.

В лаборатории биомедицинской электроники НТУ «ХПИ» был создан стенд ТМК на основе модулей Arduino и набора датчиков e-Health Sensor Platform Complete Kit V2.0 (Рис 1), и проведены экспериментальные исследования возможности их использования для передачи биометрических сигналов ТМК [3, 4].

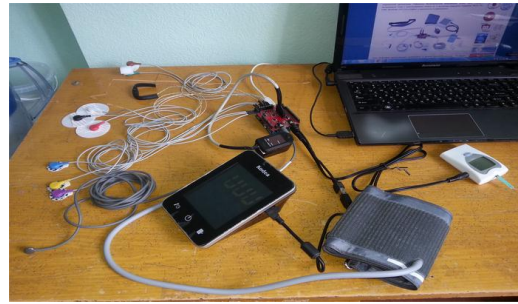


Рисунок 1

В стенде были использованы датчики *e-Health Sensor*: Pulse and Oxygen in Blood Sensor, Electrocardiogram Sensor (ECG), Blood Pressure Sensor, Body Temperature Sensor.

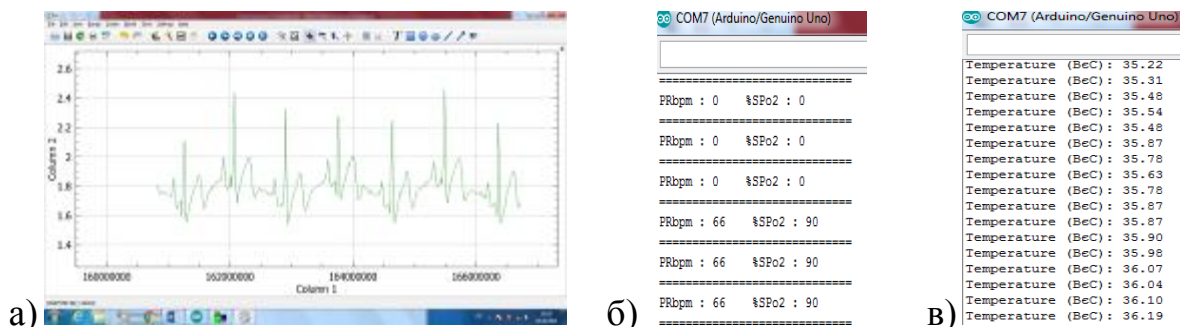


Рисунок 2 – Измерение биомедицинских параметров пациента:

а) кардиограмма, б) пульсометрия, в) температура тела.

Результаты проведенных исследований (Рис. 2) подтверждают возможность получения достоверной биомедицинской информации при использовании платформы *Arduino* совместно с датчиками *e-Health Sensor*.

Список литературы

1. Владзимерский А.В. Телемедицина // Донецк: ООО «Цифровая типография» – 2011. – 477 С.
2. Шишкин М.А. Повышение достоверности кардиосигнала в задачах телемедицины / М.А. Шишкин, К.В. Колесник // Материалы II Всеукраинской научно-практической конференции: «Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения» (10-11 декабря, 2015). – Украина, Харьков. – 2015. НТУ «ХПИ», – С. 95-96.
3. Шишкин М.А. Использование аппаратной платформы Arduino для оптимизации алгоритмов обмена телемедицинскими данными / М.А. Шишкин, К.В. Колесник // Труды XVI Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии». 23-27 мая 2015 г. – Украина, Одесса, –2016.–С.116-117.
4. Колесник. К.В. Особенности применения модулей платформы в телемедицине / К.В. Колесник, М.А. Шишкин, О.А. Ситникова, К.Н. Папирный // Весник НТУ ХПИ № 25 (1197). Серия «Нові рішення в сучасних технологіях»). – Украина, Харьков. – 2015. НТУ ХПИ, – С. 45-52.

МЕТОД КОНТРОЛЯ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИНИСТА ЛОКОМОТИВНОГО СОСТАВА

Мещанинов С.К.¹⁾, Гупало Ю.Ю.²⁾

¹⁾ *Днепродзержинский государственный технический университет,
Украина, г.Днепродзержинск (Каменское), 51918,
ул. Днепростроевская , 2, sergey.meshaninov@mail.ru,*

²⁾ *Украина, г.Днепродзержинск (Каменское), 51935,
ул. Сергея Слисаренка 15, кв. 9 , uliana.gupalo@gmail.com*

Среди персонала, обслуживающего железнодорожный состав, машинист является наиболее ответственным лицом, на которого приходится «львиная» доля всей информации, поступающей со стороны как внешних источников, так и внутренних факторов. Поэтому в условиях интенсификации труда на железнодорожном транспорте все чаще возникает проблема бесперебойного контроля за ПФС машиниста без использования контактных приборов измерения.

Постановка задачи исследований. Возникает необходимость контроля ПФС машиниста с целью повышения уровня производительности и уменьшение степени риска здоровью и угрозе жизни. Таким образом, целью настоящей работы является создание метода на основе математической модели с целью получение максимально адекватной оценки ПФС человека при минимально задействованных ресурсах.

Основная часть. Аспектом проблемы исследования ПФС человека занимались учёные на протяжении не одно столетие. Большое количество исследований на сегодняшний день проводятся в области обработки речевого сигнала. Однако, проанализировав данный метод с теми или иными параметрами становится ясно, что проблема диагностики и мониторинга ПФС человека далека от решения.

Поэтому представляется актуальным: создать систему способную контролировать ПФС машиниста в режиме реального времени с учётом индивидуальных особенностей человека в течении рабочей смены с применением бесконтактного датчика. Для этого нужно:

1. Установить в кабину машиниста микрофон с высоким уровнем помехозащищенности. Микрофон должен записывать голос работника и передать необходимые данные на компьютер. Для более точной оценки ПФС машиниста можно также применить лазерный цифровой термометр.

2. Разработать программное обеспечение для обработки речевого сигнала. Для установления граничных значений каждого из выбранных параметров необходимо записать голоса машиниста перед сменой. Полученные данные будут сопоставляться с текущими на протяжении всего времени смены. Считаем, что контролироваться должны следующие

параметры:

- усиление или уменьшение тембра голоса. В течение определенного интервала времени снимаются показания машиниста.

$$Q_{cr} = Q_{\max} - \left(Q + \sum_{i=1}^n L_i \right); \quad (1)$$

- темп речи. В течение определенного интервала времени снимаются показания машиниста.

$$G_{cr} = G_{\max} - \left(G + \sum_{i=1}^n L_i \right); \quad (2)$$

- ритм речи. В течение определенного интервала времени снимаются показания машиниста. Данный параметр невозможно измерить максимально точно без введения коэффициент дефектности речи χ_{dr} .

$$dr = N_W / W. \quad (3)$$

Тогда для измерения ритма речи нужно: получить усредненное значение R_s , после чего от него отниманием χ_{dr} – коэффициент дефективности речи и получаем эталон R_{cr} .

$$R_{cr} = R_s - dr; \quad (4)$$

- точность произношения слов. В течение определенного интервала времени снимаются показания машиниста.

$$T_{cr} = T_s - \left(dr + \sum_{i=1}^n L_i \right); \quad (5)$$

- четкость выполняемых команд согласно должностной инструкции и нормативных актов по охране труда (ОТ).

$$J_{cr} = J_{\max} - J. \quad (6)$$

3. Всю информации о состоянии здоровья машиниста необходимо внести в одну общую базу доступ к которой будет находиться у начальника станции, мед. персонала и поездного диспетчера.

4. После проведения оценки ПФС машиниста необходимые данные выводятся на монитор поездного диспетчера с дальнейшими рекомендациями по ликвидации сложившейся ситуации, происходит срабатывания светового индикатора. После чего диспетчер должен оповестить по радиолокационному каналу связи о необходимой замене сотрудника.

Построение системы контроля ПФС машиниста может решить данную проблему, но с учётом разработки необходимого программного обеспечения. Поэтому считается необходимым создание математической модели для закрепления базовых основ системы.

Поэтому в качестве математической модели можно предложить следующее выражение:

$$dV_{\text{ВЫХ}}/dt = f(V_{\text{ВЫХ}}(t), S_{\text{ВХ}}(t)) \quad (7)$$

ЦИФРОВИЙ АНАЛІЗ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ХРОМОСОМНИХ ПАТОЛОГІЙ ПЛОДА

Нікітюк Н.О., Іванько К.О., Іванушкіна Н.Г.

***Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут»***

***вул. Політехнічна 16, корп.12, к.423, м. Київ, 03056, Україна
niscnat94@rambler.ru, koondoo@gmail.com, n.ivanushkina@gmail.com***

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю покращення діагностики хромосомних патологій плода на ранніх термінах вагітності. Пренатальний скринінг – це комбіноване біохімічне та ультразвукове дослідження, яке проводиться в кінці I триместру (11-13 тижень вагітності) та складається з аналізу крові на визначення рівня основних гормонів вагітності та УЗД плоду. Поряд із загальноприйнятою оцінкою такого ехографічного маркера хромосомних патологій, як товщина комірнього простору (або розмір «шийної складки»), в даний час проводяться дослідження щодо додаткової оцінки наявності та розміру кісток носа плода. Відсутність зображення кісток носа плода є не менш значущим раннім пренатальним ехографічним маркером синдрому Дауна, ніж розширення комірнього простору. Оцінка носової кістки покращує результати комбінованого скринінгу [1]. За відсутності патології товщина комірнього простору при першому скринінгу не повинна бути більша 2.5 мм, а носова кістка плоду повинна візуалізуватись та бути не менша 3.3 мм.

Робота присвячена вдосконаленню інформаційно-алгоритмічного забезпечення ультразвукових діагностичних систем для неінвазивного виявлення хромосомних патологій на ранніх стадіях вагітності. Точність вимірювання таких показників, як товщина комірнього простору та довжина носових кісток, значною мірою залежить від досвіду лікаря. Тому необхідним є зниження впливу суб'єктивного фактора при виявленні відхилень у розвитку плода за рахунок використання алгоритмів цифрової обробки ультразвукових зображень. Розроблений алгоритм напівавтоматизованого визначення товщини комірнього простору плоду, а також аналізу наявності та розміру носової кістки при ультразвуковому скринінгу передбачає отримання ультразвукового зображення сагітального перетину плода в I триместрі вагітності (11-13 тижень) та застосування до нього методів цифрової обробки зображень. Програмну реалізацію алгоритму проведено в системі *Matlab*. Спочатку застосовуються методи попередньої обробки зображень, а саме медіанна фільтрація, обробка гістограми яскравості ультразвукового зображення, виділення зон інтересу (комірнього простору та носової області). Далі проводиться сегментація методом нарощування областей з подальшим виділенням контурів

комірною простору та носових кісток за допомогою детектора країв Канні, застосування якого дозволило отримати найкращі результати порівняно з детекторами Собеля, Превітта, Робертса, лапласіана гаусіана [2]. Такий підхід дозволив виділити контур комірної зони, а також зону носових кісток плода на ультразвукових зображеннях (рис. 1). Для зображення, що відповідає нормі (рис.1(а)), носова кістка присутня: після обробки спостерігається наявність 3 областей. На рисунку 1(б), що відповідає патології, комірний простір помітно збільшений, а у носовій області візуалізується лише кінчик носа і верхній шар шкіри (виділено дві області). При відсутності у плода носової кістки (аплазія) на зображенні не наращується область цієї кістки.

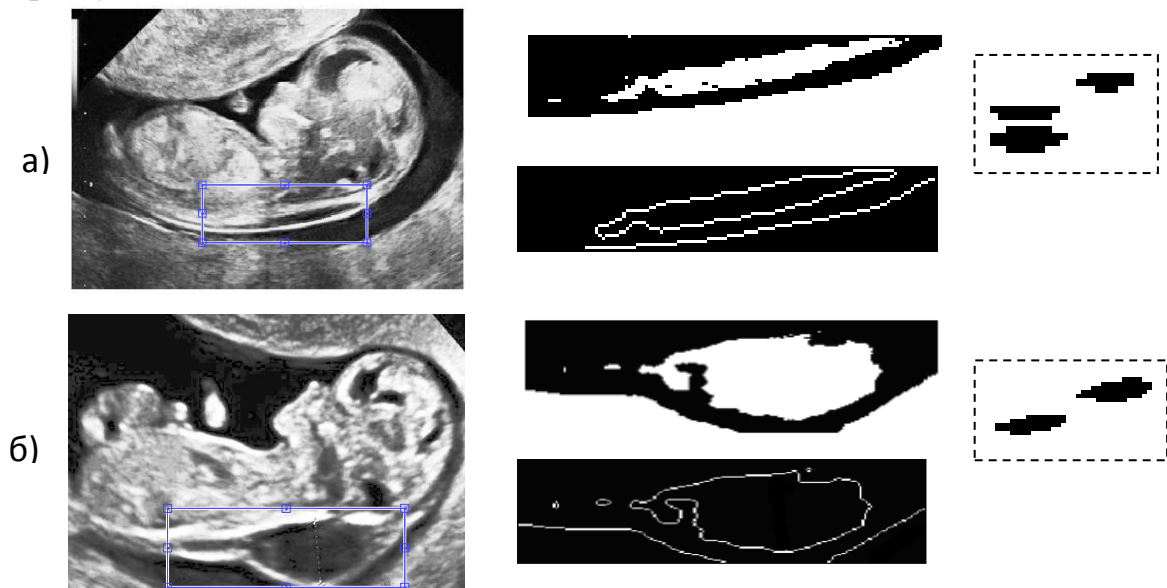


Рисунок 1 – Ультразвукові зображення плоду та результати обробки комірної області та області носових кісток (---) : а) норма, б) патологія

Далі передбачається оцінювання величини комірною простору плода та аналіз розміру його носових кісток. У разі, якщо параметри УЗД та аналізу крові матері виходять за границі норми, існує ризик наявності хромосомних патологій у плода, ступінь якого залежить від величин отриманих параметрів, а також від віку вагітної жінки. У цьому разі необхідним є проведення додаткових інвазивних досліджень. Наведений алгоритм дає результати, за допомогою яких можна оцінити ризик хромосомних патологій у плода.

Список літератури

1. Оценка носовой кости в I триместре беременности: как, где, когда и зачем мы делаем / Е.Н. Андреева, Н.О. Одегова // Журнал «SonoAce Ultrasound». – 2014. – №26. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.medison.ru/si/art383.htm>
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М. : Техносфера, 2006. – 616 с.

УСТРОЙСТВО КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ НАРУШЕНИЯ ОБОНЯНИЯ

Носова Я.В.¹⁾, Аврунин О.Г.¹⁾

¹⁾ *Кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина, г. Харьков, пр. Науки 14*

Обонятельная дисфункция различной степени наблюдается при различных заболеваниях, таких как острые и аллергические риниты, синуситы, аденоидиты, полипы носа, опухоли носа и околоносовых пазух, инфекционные гранулёмы. Практически при всех заболеваниях полости носа, протекающих с обструкцией её просвета, препятствующей поступлению воздушной струи и запахов к обонятельному эпителию, страдает обонятельная функция, которая существенно влияет на качество жизни человека. Запаховые стимулы даже в малых концентрациях запускают различные поведенческие реакции: ориентироваться в окружающей среде, испытывать наслаждение или отвращение, материнское поведение, посредством одорантов осуществляется выбор партнера для брака и т. п.

Проблема оценки степени нарушения обоняния является очень важной в клинической практике, так как современный медицинский рынок нуждается в устройствах (ольфактометрах), которые обладали бы высокой степенью объективности за счет количественных, а не качественных измерений [1-2].

Поэтому исследования обонятельной функции человека и своевременная диагностика является актуальной важной задачей современной оториноларингологии. Целью работы являлась разработка устройства количественной оценки нарушения степени обоняния человека.

Таким образом, в ходе выполнения поставленных целей и задач, впервые были разработаны метод и устройство для оценки респираторно-обонятельной функции человека на основе компьютерного риноманометра типа ТНДА-ПРХ (рис.1).

Разработанное устройство позволяет за счет оценки количественных показателей мощностных характеристик носового дыхания, на доказательном уровне определять порог ощущения и распознавания пахучего вещества и адекватно диагностировать функцию обонятельного рецептора человека. Визуализация полученных результатов включает в себя отображение графиков визуализации дыхательных циклов при влиянии различных одоривекторов, таких как, нашатырный спирт, уксусная кислота и других. При помощи влияния одоривекторов различных концентраций на обонятельную область носа и численных показателей риноманометрии (перепад давления, расход воздуха) можно определить численного значения порога ощущения одоривектора [3-4].



Рисунок 1 – Общий вид компьютерного устройства для тестирования респираторно-обонятельной функции

Однако нарушение обоняния возможно не только лишь вследствие нарушения работы верхних дыхательных путей, но и вследствие различных травм головы и заболеваний нервной системы, поэтому исследования необходимо проводить на пациентах, которые не содержат в анамнезе патологии мозга и центральной нервной системы.

По результатам работы получено два патента на изобретение и подготовлен пакет конструкторской документации. Разработанное устройство полностью готово к серийному производству для нужд специализированных ринологических клиник и частных кабинетов.

Перспективой работы является дальнейшее совершенствование системы и расширение ее функциональных возможностей, например, по уточнению концентрации при вдыхании ольфактивных веществ, а также проведение дополнительного анализа с целью выявления корреляционных зависимостей между поставленным диагнозом и информативными параметрами дыхательного цикла.

Список литературы

1. Носова Я.В. Модуль оценки функции обоняния у человека. [Электронный ресурс] / Я.В. Носова, Н.О. Шушляпина, О.Г. Аврунин // Биомедицинская инженерия и электроника. – 2015. – №1. URL: www.es.rae.ru/biofbe/201-991
2. Avrunin O.G. Method of expression of certain bacterial microflora mucosa olfactory area /Oleg G. Avrunin, Yana V. Nosovaa, Natalia O. Shushlyapinab, Wojciech Surtelc, Aron Burlibayd, Maral Zhassandykyzy // Optical Fibers and Their Applications 2015 edited by Ryszard S. Romaniuk, Waldemar Wojcik, Proc. of SPIE Vol. 9816, 98161L. – 2015 SPIE CCC code: 0277-786X/15/\$18 ·

СЕГМЕНТАЦИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Перепелица А.Н., Наконечный И.М.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Аврунин О.Г.

*Харьковский национальный университет радиозлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. Биомедицинской инженерии,
e-mail: oleksii.perepelytsia@nure.ua, ihor.nakonechnyi@nure.ua*

На современном этапе наиболее достоверную информацию о количественном анализе, локализации анатомических структур, форме и размерах верхних дыхательных путей содержат данные компьютерной томографии (КТ), как наиболее оптимального метода по совокупности основных показателей, таких как разрешающая способность, контрастность отображения анатомических структур, интерпретируемость результатов визуализации и доступность.

При регистрации компьютерно-томографического исследования изображения записываются в определенном порядке в формате DICOM. Сначала фиксируется топограмма (рис. 1, а) – продольное изображение, на котором планируется исследование, затем – блок последовательно сканированных изображений поперечного сечения (рис. 1, б), образующих и характеризующих объем.

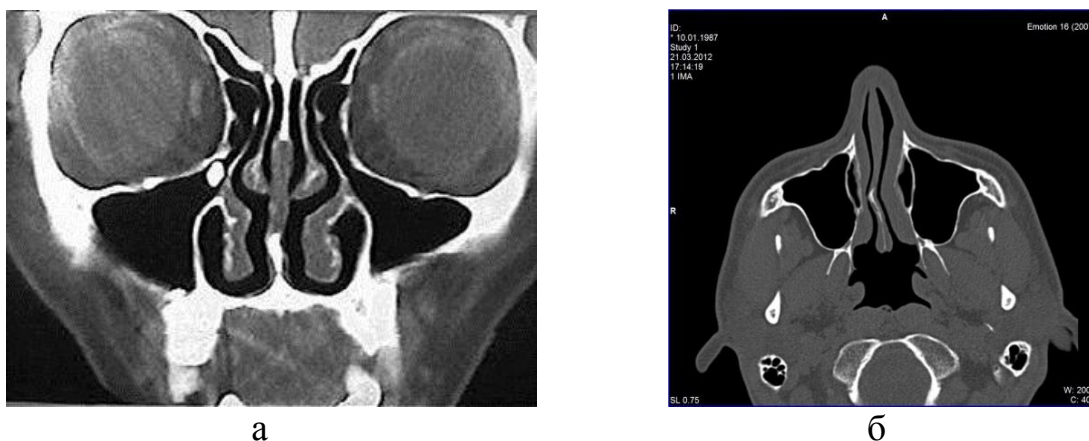


Рисунок 1 – КТ-исследования: а – топограмма, б – сечение

КТ-изображения отличаются от других медико-биологических изображений относительной сложностью получения. На их качество влияют многие технические параметры, такие как шумы сенсора, дефекты приготовления препарата, особенности освещения и т. д. Из-за совокупности этих и других факторов универсальные методы выделения объектов на КТ-изображениях, не существуют. Специфика разработки алгоритмов заключается прежде всего в четкой постановке задачи и понимании вопроса в целом.

Основной целью процесса сегментации является разделение изображения на однородные области на основе одного или более свойств, или характеристики.

Условия группировки областей зависят от задач сегментации. В самом простом случае группируют элементы по яркости, но этот вариант существенно уступает остальным способам по скорости выполнения сегментации [1]. Для наращивания областей часто используются функции энергии, функции Байеса и свойства фракталов. Задача контрастирования связана с улучшением согласования динамического диапазона изображения и экрана, на котором выполняется визуализация [2].

На КТ-изображениях всегда присутствуют мелкие детали и шумы, которые часто мешают процессу анализа. Предобработка или коррекция – этап, позволяющий решить эту проблему, например, с помощью алгоритмов низкочастотной и медианной фильтрации. Если для сглаживания (удаления шумов) коррекция проводится над отдельными изображениями, то предобработка наборов сечений обеспечивает выравнивание геометрических и яркостно-контрастных характеристик изображений в наборе. С этой целью используются методы выравнивания гистограмм яркости в последовательности изображений и реконструкции. Результатом предобработки являются наборы изображений с относительно одинаковыми яркостно-контрастными характеристиками и гладкой поверхностью [3].

Для выделения конкретной области используется сегментация при помощи шаблонов. Шаблон представляет собой изображение, в котором места наиболее вероятного расположения органа отмечены более контрастным цветом. Процесс сегментации начинается с объединения области на шаблоне, соответствующей области изображения сечения. Для дальнейшего выделения используются алгоритмы роста областей [4].

Для частичного решения проблем связанных с сегментацией КТ изображений существуют алгоритмы послойной обработки на основе глобальной или локальной информации об объектах и алгоритмы определения анатомических структур на изображениях компьютерной томографии, основанный на сопоставлении шаблонов.

Список литературы

1. Jianbo Shi and Jitendra Malik – Normalized Cuts and Image Segmentation, 2000.
2. Претт У. – Цифровая обработка изображений: В 2 кн. М., 1982.
3. Braga-Neto U., Goutsias J. – Constructing multiscale connectivities, 2005.
4. Dzung L. Pham, Chenyang Xu, and Jerry L. Prince – Current Methods in Medical Image Segmentation, 2000

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЭЛЕКТРОННЫМ СИСТЕМАМ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ГИНЕКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЕЗНЕЙ ЖИВОТНЫХ

Попрядухин В.¹⁾, Федюшко Ю.М.¹⁾

*¹⁾ Таврический государственный агротехнологический университет,
Украина, Запорожская обл., г. Мелитополь. пр. Б. Хмельницького 18*

В настоящее время резко возросла интенсивность использования продуктивных животных. В связи с этим уменьшаются сроки службы скота, что в свою очередь обостряет необходимость повышения темпов воспроизводства стада. Однако, этому зачастую препятствует бесплодие, перегулы, яловость и гинекологические заболевания, в результате чего хозяйства несут огромные убытки.

Бесплодие может быть обусловлено различными причинами, прежде всего – недостаточным или неполноценным кормлением, плохим уходом, неправильным содержанием и использованием животных, небрежным отношением к организации и проведению искусственного осеменения. Бесплодие возникает и вследствие различных заболеваний половых органов, которые чаще всего появляются во время родов и послеродовой период.

Предрасполагает к возникновению заболеваний несоблюдение ветеринарно-санитарных правил при оказании акушерской помощи. Такие заболевания, как острые и хронические эндометриты, сальпингиты, оофориты, не только вызывают бесплодие, но также ведут к снижению удоев, упитанности животных, ухудшают санитарное качество и технологические свойства молока.

При рассмотрении причин бесплодия всегда надо иметь в виду то, что оно являет собой только один из симптомов нарушения взаимоотношений между животным и средой его обитания. Причины, вызывающие бесплодие у самок сельскохозяйственных животных чрезвычайно многообразны и сложны. В подавляющем большинстве случаев бесплодие является не первопричиной, а лишь следствием. Причём оно может быть с выраженными клиническими признаками заболевания гениталий, а может и не проявляться, но, тем не менее – выявляться с помощью простых методов исследования, которыми пользуются врачи-практики.

В комплексе лечебно-профилактических мер при болезнях половых органов у коров применяют этиотропную терапию, которая способствует устранению причин, вызвавших эти заболевания. Из средств этиотропной терапии используют антибиотики, сульфаниламиды, нирофураны, другие химиотерапевтические и антисептические препараты, подавляющие рост патогенной микрофлоры или убивающие её. В зависимости от локализации патологического процесса, характера течения заболевания

назначают местную или общую этиотропную терапию или ту и другую одновременно.

Лекарственные препараты, предназначенные для местной этиотропной терапии должны иметь выраженную бактерицидность и широкий спектр антимикробного действия. Они должны быть стойкими и не терять своей активности при контакте с тканями организма животного. Применение их должно оправдываться технологически (при минимальном числе введений – давать максимум эффекта). Кроме того, они должны способствовать ускоренной регенерации эпителиальных тканей. Однако, веществ, полностью отвечающих всем этим требованиям, нет.

Поэтому, проведенный теоретический анализ показал, что для лечения гинекологических болезней коров необходимы генераторы с параметрами: частота $f=72,0$ ГГц; выходная мощность $P_{\text{вых}} \cong 20$ мВт; относительная нестабильность частоты 10^{-6} - 10^{-7} . Для выполнения требований по выходной мощности, в генераторах следует применять разветвлённую систему суммирования мощностей. Выходная мощность зависит от основных параметров, которые определяют эффективность каскадного суммирования мощности диодов: тип и количество диодов; КПД суммирования мощностей; число каскадов разветвленного сумматора. В связи с этим для достижения высоких уровней мощности и КПД источников СВЧ излучений большой смысл приобретает совмещение методов каскадного суммирования диодов в единой электродинамической системе с методами суммирования в разветвленных системах. Такие сумматоры эффективны в режиме внешней синхронизации при максимальной плотности монтажа диодов, минимальных габаритах, допустимом тепловом режиме.

Основное назначение синхронизированных генераторов – получение высокостабильных колебаний в рабочем диапазоне, мало зависящих от влияния дестабилизирующих факторов. Стабильность частоты генераторов определяется совокупностью факторов: шумовыми процессами за счёт флуктуаций носителей заряда, изменением питающих напряжений и температуры окружающей среды, влиянием внешних цепей, в частности нагрузки, процессами старения пассивных элементов схемы генератора.

В синхронизированных генераторах высокая стабильность частоты колебаний достигается путём синхронизации колебаний автогенератора внешним сигналом с малой нестабильностью частоты и пониженным уровнем шумов.

Выводы. Применение высокостабильных по частоте источников электромагнитных колебаний для лечения гинекологических патологий животных позволить уменьшить время экспозиции до единиц минут. Это позволит повысить эффективность лечения гинекологических патологий у животных и способствовать развитию украинского животноводства.

ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ И ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Потапий Д.Ю., Аврунин О.Г.

Кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина, г. Харьков, пр. Науки 14

Достижение наилучшего эффекта в лечении какого-либо заболевания, при наименьшей нагрузке на организм пациента является одной из основных задач современной медицины.

В последнее время у населения чувствительность к различным лекарственным веществам резко усилилась, что ограничивает выбор медикаментозных средств. В связи с этим применение патогенетически обоснованных методов физиотерапии, повышающих эффективность лечения, стало неотъемлемой частью комплексного и восстановительного лечения, реабилитации, вторичной профилактики больных с различными заболеваниями и травматическими повреждениями [1].

Одним из важнейших достоинств физических методов лечения является универсальность их действия, благодаря чему один и тот же фактор может применяться при самых различных заболеваниях.

Современная физиотерапия располагает огромным количеством весьма разнообразных по физической природе, физиологическому и лечебному действию, способам применения методов [1].

В ультразвуковой терапии с лечебно-профилактической целью применяется механические колебания ультравысокой частоты.

В основе механизма лечебного воздействия ультразвука на организм человека лежат следующие эффекты:

- механический, вызываемый переменным акустическим давлением;
- тепловой, связанный с преобразованием в тканях механической (акустической) энергии в тепловую;
- физико-химический, обусловленный действием на биохимические и биофизические процессы в организме;
- пьезоэлектрический, под воздействием изменяющегося давления, сжатия, разрежения изменяется электрический потенциал мембран клеток.

Микровибрация на клеточном и субклеточном уровнях повышает проницаемость клеточным мембран. Образующееся в тканях тепло изменяет диффузионные процессы, скорость биохимических реакций и вызывает возникновение температурных градиентов. Одно из наиболее важных свойств, которыми обладает ультразвук, - это действие на ускорение рассасывания продуктов распада в очаге воспаления.

Ультразвук в терапевтических дозах умеренно расширяет кровеносные сосуды, усиливает кровообращение, интенсифицирует

функцию соединительной ткани, оказывает противовоспалительное, рассасывающее, антиспастическое, болеутоляющее действие и изменяет реактивность организма [1].

В фототерапии в лечебных целях применяют различные типы излучения, одним из которых является инфракрасный спектр излучения.

Поглощение инфракрасного излучения тканями организма вызывает, в основном, вращательные и колебательные движения атомов и молекул, следствием которых преимущественно будет образование тепла (тепловой эффект). В тканях области облучения активируется микроциркуляция, происходит раскрытие шунтов, повышается сосудистая и тканевая проницаемость, существенно ускоряются метаболические процессы, что способствует удалению из очага воспаления продуктов автолиза. Инфракрасные лучи при достаточной интенсивности вызывают усиленное потоотделение, оказывая тем самым дезинтоксикационное действие.

Под влиянием инфракрасных лучей изменяется чувствительность кожи - повышается тактильная чувствительность и снижается болевая. Болеутоляющее действие инфракрасного излучения обусловлено изменением чувствительности рецепторов, снятием спазмов, ликвидацией гипоксии и отека нервных волокон. Воздействие инфракрасными лучами сопровождается также уменьшением спазма гладкой мускулатуры внутренних органов, повышением функционального состояния суставов, транквилизирующим эффектом.

К достоинствам физической терапии можно отнести ее хорошую совместимость с другими лечебными средствами. К тому же физиотерапевтические методы широко и с высокой эффективностью можно комбинировать друг с другом [1].

Для реализации комбинированного физиотерапевтического метода с применением ультразвука и инфракрасного излучения, предлагается использование разработанного физиотерапевтического аппарата комбинированного воздействия, в излучателе которого размещены источники ультразвуковых колебаний и инфракрасного излучения. Аппарат с конструкцией такого излучателя позволяет воздействовать на определенный биологический объект одновременно как ультразвуковыми колебаниями, так и инфракрасным излучением. Таким образом, достигается индивидуализация метода, что позволяет уменьшить адаптацию организма к проводимому лечению, сократить период и повысить эффективность лечения, исключить медикаментозные средства или уменьшить их объем в процессе лечения.

Список литературы

1. Ушаков А.А. Практическая физиотерапия. – 2-е изд., испр. и доп. / А.А. Ушаков – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2009. – 608 с.

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭСТЕТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ

Романова Е.С.¹⁾, Кононенко Т.С.¹⁾

¹⁾ Кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина, г. Харьков, пр. Науки 14

Внедрение 3D-технологий в развитие современной медицины является крайне необходимым процессом. В различных областях медицины все более широкое распространение сегодня получают методы визуализации внутренних структур человека на основе данных томографических исследований. Эти методы компьютерной графики называются визуализацией объема. Цель использования этого метода в медицине - создание точных и реалистичных визуальных представлений объектов по медицинским данным.

Эстетическая медицина – отрасль индустрии красоты и здоровья, вобравшая в себя все теоретические сведения и практические возможности коррекции внешних данных человека с помощью медицинских методик. Этот раздел активно использует достижения трихологии, подологии, офтальмологии, диетологии и других отраслей науки о человеке, которые позволяют наиболее эффективно решать проблемы коррекции внешности.

Кожа лица постоянно подвергается негативному влиянию окружающей среды. Изменения ее внешнего вида и процесс старения идут параллельным курсом. Основными возрастными проблемами кожи можно считать потерю эластичности, гладкости, четкости контура лица, провисание и впалость щек, опущение век и уголков губ. Контурная пластика на сегодняшний день достигла такого уровня, что позволяет специалистам буквально вылепливать желаемый овал лица – создавать высокие скулы, идеально гладкий переход от носогубной и носослезной областей к щекам, привлекательные выразительные губы, четко очерченный подбородок.

Лицо можно разделить на топографические области, каждая из которых имеет присущие только ей индивидуальные характеристики цвета, текстуры и контуров кожи, а также роста волос (рис. 1). Каждая из них имеет индивидуальную форму, созданную подлежащим лицевым скелетом. Применение принципа эстетических единиц обеспечивает логический познавательный подход к реконструкции, учитывается пропорциональность, симметричность головы. При оперативных вмешательствах утраченную ткань необходимо заменить сходной тканью в количестве и качестве, точно копирующем структуру, поверхность и контур отсутствующей единицы. С помощью сканов черепа, показания исследований мимических мышц и пластиковых маркеров, указывающих на глубину ткани (на основе среднестатистических данных), можно создать удивительно точное 3D-печатное лицо.

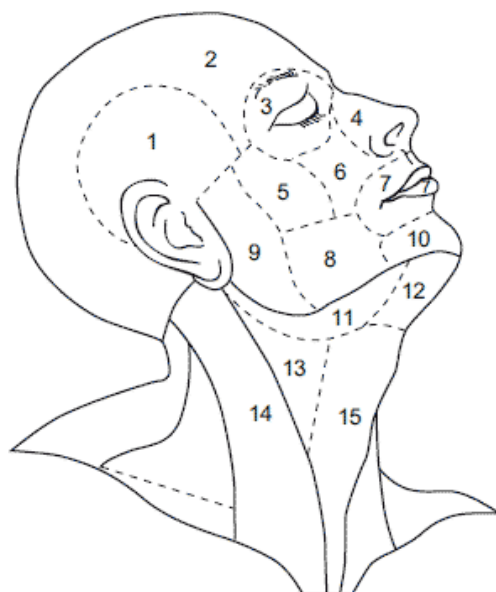


Рисунок 1 – Области головы и переднего отдела шеи:

1 – височная область, 2 – передний отдел лобно-теменно-затылочной области, 3 – область глазницы, 4 – область носа, 5 – скуловая область, 6 – подглазничная область, 7 – область рта, 8 – щечная область, 9 – околоушно-жевательная область, 10 – подбородочная область, 11 – поднижнечелюстная область, 12 – подподбородочная область, 13 – сонный треугольник, 14 – грудино-ключично-сосцевидная область, 15 – лопаточно-трахеальный треугольник

Классификация типов старения лица:

- Мелкоморщинистый;
- Деформационный;
- Гравитационный;
- Мышечный;
- Смешанный.

Таким образом результат моделирования возрастных изменений лица играет важную роль в планировании пластических операций. Это упрощает процесс информирования пациента и адаптирует его к ожидаемому результату. Также анализируя особенности лица (симметричность, пропорциональность) можно диагностировать определенные заболевания.

Список литературы

1. Пластическая и реконструктивная хирургия лица / А. Д. Пейпла; Пер. с англ.–М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. –951с.
2. Методы анимации лица. Мимика и артикуляция / Флеминг Б., Доббс Д; Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 336 с.

ФІЛЬТРАЦІЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛІВ ВИСОКОГО РОЗРІЗНЕННЯ

Сапотюк С.М.¹⁾, Іванушкіна Н.Г.²⁾, Іванько К.О.³⁾

**¹⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», 03056 Україна, Київ,
вул. Політехнічна 16, корп.12, к.423, e-mail: Sapotyuk1995@gmail.com**

**²⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», 03056 Україна, Київ,
вул. Політехнічна 16, корп.12, к.423, e-mail: n.ivanushkina@gmail.com**

**³⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», 03056 Україна, Київ,
вул. Політехнічна 16, корп.12, к.423, koondoo@gmail.com**

Мета роботи – дослідження методів обробки тонкої структури електрокардіосигналів в системах електрокардіографії високого розрізнення (ЕКГ ВР) для вдосконалення діагностики серцевих аритмій.

Дані більшості досліджень свідчать про те, що найбільш частим механізмом тахіаритмій є механізм повторного входу імпульсу збудження (рієнтри – re-entry). Умовою для цього є наявність уповільнення поширення імпульсу і односпрямована блокада в довільній ділянці міокарда. Експериментальні клінічні дослідження показали наявність однобічного і затриманого проведення фронту хвилі деполяризації в області з пограничною зоною некрозу внаслідок порушень міжклітинних контактів в паралельно орієнтованих волокнах та внаслідок гетерогенності поширення і фрагментації хвильового фронту деполяризації. Описані явища викликають виникнення на ЕКГ сигналів, які й були названі пізніми потенціалами передсердь та шлуночків (ППП та ППШ) [1,2].

У клінічній практиці для реєстрації та аналізу низькоамплітудних компонентів (ППП і ППШ) все ширше застосовують метод ЕКГ високого розрізнення. Метод ЕКГ ВР дозволяє визначити уповільнене проходження навіть якщо воно виникає на обмежених ділянках серця і не реєструється на стандартній ЕКГ. Виявлення пізніх потенціалів за допомогою методу ЕКГ ВР має важливе прогностичне значення у діагностиці тахіаритмій серця.

Система ЕКГ ВР [2] побудована за традиційною схемою, що включає основні блоки: реєстрації, комутації, підсилення й фільтрації, аналого-цифрового перетворення, а також обробки, відображення, архівації даних. А відмінність полягає в особливостях складання методичного, алгоритмічного та інформаційного забезпечення для попередньої обробки, а також для аналізу електрокардіосигналів і виявлення пізніх потенціалів [2,3].

У роботі проведено дослідження за допомогою чисельних експериментів в середовищі *Matlab* з моделями ансамблів зашумлених кардіоциклів. Модельні електрокардіосигнали побудовано для класів «Норма» та «Патологія» (з наявністю низькоамплітудних компонент – ППП).

Для фільтрації ЕКГ сигналу від частоти 35 Гц та 50 Гц використано фільтри Баттерворда або Чебишева 1 роду. Фільтр Чебишева 2 роду, порівняно з вище сказаними фільтрами, фільтрує сигнал гірше, оскільки присутні низькоамплітудні коливання.

Для того, щоб виявляти високочастотні низькоамплітудні компоненти ЕКГ сигналу – ППП, використано фільтр низьких частот з частотою зрізу 250 Гц. Найкраще для цього підходять фільтри Баттерворда і Чебишева 1 роду третього порядку.

В процесі дослідження впливу фільтрів на електрокардіосигнали знайдено, що при пригніченні шуму з частотою 50 Гц режекторним фільтром, виникає перекомпенсація цієї частоти, що у часовому представленні сигналу виглядає як «дзвін» із частотою 50 Гц поблизу QRS-комплексу. Виходячи із цього, потрібно використовувати метод цифрової обробки (метод усереднення), завдяки якому, ці недоліки усуваються і збільшується відношення сигнал/шум.

Запропоновані методики обробки електрокардіосигналів при спільному використанні аналогової та цифрової фільтрації дозволяють значно покращити відношення сигнал/шум.

Виконано вдосконалення системи ЕКГ ВР на основі розробленого алгоритму фільтрації електрокардіосигналів, що дає можливість виявляти низькоамплітудні складові ЕКГ, які являються маркерами серцевих аритмій.

Список літератури

1. Абакумов В.Г Реєстрація, обробка та контроль біомедичних сигналів: навч.посіб. / В. Г. Абакумов, З. Ю. Готра, С. М. Злепко О. І. Рибін.– В.: ВНТУ, 2011. – 352 с.
2. Іванушкіна Н. Г. Технології високого розрізнення в електрокардіографії: навч.посіб. / Н. Г. Іванушкіна, В. О. Фесечко. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 116 с.
3. Іванушкіна Н.Г. Цифрова обробка низькоамплітудних компонент електрокардіосигналів: навч. Посіб./ Н.Г. Іванушкіна, К.О. Іванько. – Миколаїв., 2014. — 184 с.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЕЛКОЙ МОТОРИКИ РУК

Селиванова К.Г., Худайбердиев Вера

*Кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный
университет радиоэлектроники, Украина, г. Харьков, пр. Науки, 14,
e-mail: selivanova_kg@ukr.net*

В настоящее время существуют различные разработки реализации тестирования мелкой моторики (ММ) в виде заданий в картах индивидуального двигательного развития. Однако оценка результатов исследований носит субъективный характер и зачастую применяется для коррекционной школы. Изучение проблемы развития ММ проходит в разных аспектах: психологическом, физиологическом, неврологическом, педагогическом и т.д. [1].

С целью проведения исследований индивидуальных особенностей ММ, а также усовершенствования уровня развития ММ был разработан виртуальный тренажер интерактивного тестирования, который представляет собой программно-аппаратный комплекс и состоит из ряда центральных и периферийных устройств. На персональном компьютере (ПК) установлены разработанные специализированные программные средства и модули сопряжения цифровых устройств, использование которых зависит от поставленной исследовательской задачи и типа шаблонов заданий. Ряд динамических тестов в виде повторения траекторий движущих объектов выполняются с использованием сенсорного устройства для регистрации скорости сенсомоторной реакции и времени обработки информации, при этом предусмотрена дополнительная подсветка и воспроизведение различных звуковых сигналов [2]. Статические тесты представляют собой рисование форм линейных и нелинейных фигур на графическом планшете для регистрации показателей тонических движений и индивидуальных особенностей мелкой моторики рук [3].

Состояние моторной сферы можно оценить с помощью ряда дополнительных параметров: скорость сенсомоторных реакций, концентрация внимания, скорость обработки информации, сложность последовательных движений, устойчивость к внешним воздействиям и отвлекающим маневрам [2-3]. Для регистрации точности тонических движений, пространственной ориентации и скорости сенсомоторных реакций были разработаны интерактивные динамические тесты повторения различных траекторий движений фигур (рис. 1).

Общая методическая схема использования виртуального тренажера условно состоит из четырех этапов:

- подготовительный (адаптация к цифровому устройству и стилусу);

- основной (выполнение различных тестов);
- закрепляющий (приобретение устойчивых закономерностей при тестировании);
- формирование сложного двигательного навыка.

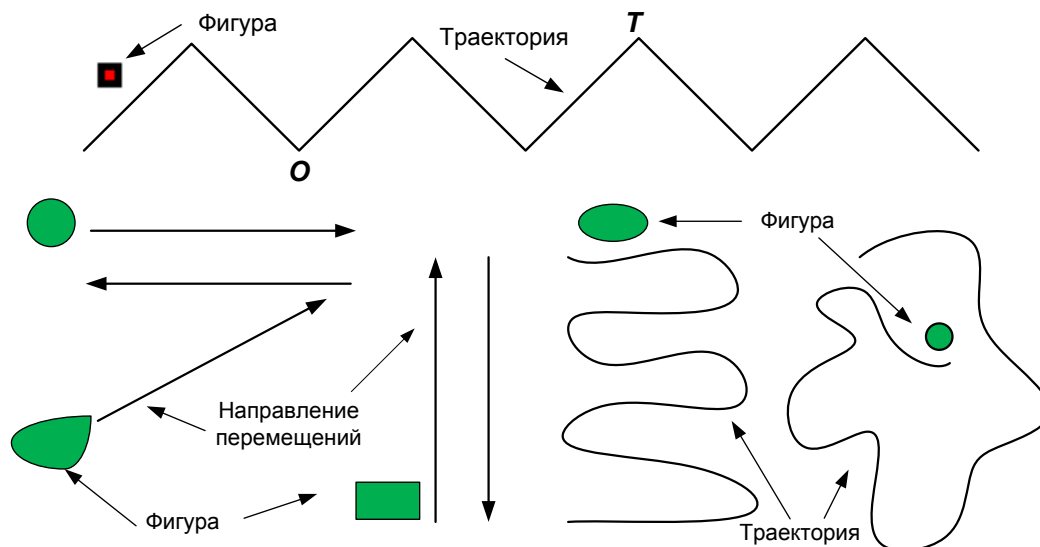


Рисунок 1 – Примеры разработанных траекторий движений динамических фигур

Таким образом, виртуальный тренажер для развития мелкой моторики позволяет регистрировать психо- и сенсомоторные реакции, отслеживать местоположение заданных объектов и удерживать их траекторию движений, автоматизировать подсчет синкинезий (лишние ненужные действия, возникающие в результате недостаточной дифференцированности движений) при выполнении требуемого задания. Также данная разработка позволит проводить групповое тестирование участников для детального изучения индивидуальных особенностей и обобщения их в виде сравнительных характеристик.

Список литературы

1. Вассерман Л.И.. Методы нейропсихологической диагностики [Текст] / Л.И. Вассерман, С.А. Дорофеева, Я.А. Меерсон. – СПб.: Стройлеспечать, 1997. – 208 с.
2. Селиванова К.Г. Компьютерная система интерактивного тестирования психомоторики [Текст] / К.Г. Селиванова // Полиграфические, мультимедийные и web-технологии. Тез. докл. 1-й Международн. научн.-техн. конф. – 2016. – Т.1. – С. 81-82.
3. Селиванова К.Г. Разработка интерактивных тестов для оценки уровня развития мелкой моторики [Текст] / К.Г. Селиванова, О.Г. Аврунин, В.В. Семенец // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Серія «Соціальні комунікації». – 2014. – Вип. 6. (№1143). – С. 72-75.

ОБНАРУЖИТЕЛЬ QRS-КОМПЛЕКСОВ ЗАДАННЫХ ТИПОВ В ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ ПАЦИЕНТА В СИСТЕМЕ, ОБУЧАЕМОЙ С УЧИТЕЛЕМ

Смелянец А.В.¹⁾, Шуляк О.П.²⁾, Шачиков А.Д.³⁾

¹⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03037 Украина, Киев, ул. Петра Радченка, 4, кв. 22, e-mail: andriy.smilianets@gmail.com*

²⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 01030 Украина, Киев, ул. Леонтовича 6А, e-mail: shulyak.alex@mail.ru*

³⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 02183 Украина, Киев, просп. Ватутина 26, e-mail: light.ash1@gmail.com*

Общая направленность работы – автоматизация обучения анализатора электрокардиограммы (ЭКГ) пациента обнаружению в ней в диагностических целях QRS-комплексов заданных типов. Обсуждается разработка соответствующих программных процедур для просмотра имеющейся записи с фиксацией положения комплексов и их типа без предварительной разметки RR-интервалов.

Рассматриваемое обучение – с учителем. Полагается, что обучающая выборка представляет собой получасовую запись ЭКГ в двенадцати стандартных отведениях, в которой RR-интервалы размечены, и имеется достоверный комментарий о всех типах [1]. Обсуждается пример обучения по записи в отведении III, содержащей комплексы N, A и V типов.

Просмотр записи выполняется последовательно от ее начала скользящим окном фиксированного размера. Шаг скольжения – один дискрет на шкале времени для выполняемых отсчетов сигнала.

Наличие комплекса заданного типов проверяется соответствующим обнаружителем на каждом таком шаге. Обнаружение основано на сопоставлении данных текущего окна, преобразованных определенным образом, с аналогичными данными при нахождении в нем эталонного образца комплексов предполагаемого типа. Для каждого типа – свой эталонный образец. При достаточной близости данных, что выражается превышением получаемым результатом сравнения наперед заданного порога, выбирается обнаружитель, отмечающий наибольшее относительное превышение своего порога. В этом случае в окне считается обнаруженным комплекс того типа, на который настроен обнаружитель.

Сопоставление текущих данных окна с эталонными данными основывается на расчете корреляционных интегралов, которые количественно выражают их близость. Используются преобразованные значения интегралов, приведенные к шкале [0;1], для которых значение

«1» имеет место полное совпадение сравниваемых числовых рядов, «0» – для случая инверсии и «0,5» – при их ортогональности [1].

Эталонный образец (вторичный эталон) – это средний вид результатов просмотра первичным эталоном всех экземпляров комплексов своего типа в обучающей выборке. Просмотр экземпляра комплекса в записи состоит в регистрации поведения корреляционного интеграла при прохождении первичного эталона над этим экземпляром –последовательно для всех положений эталона, пока они имеют хотя бы одну точку соприкосновения на шкале времени и с учетом захватываемых посторонних точек в окрестности записанных экземпляров комплексов.

При расчетах обязательна нормировка сравниваемых последовательностей отсчетов – с приведением их энергии к единичному значению. В каждой точке интегралы пересчитываются к шкале [0;1].

Используемые первичные эталоны – это результат обучения с учителем подсистемы распознавания типов комплексов по схеме с предварительной разметкой RR-интервалов [1].

Вопрос о выборе порога принятия положительного решения для обнаружителей комплексов разных типов решается отдельно. Например, для комплекса N типа составляется свое множество экземпляров отклика. Находится их средний вид (вторичный эталон). Для каждого из экземпляров вычисляется корреляционный интеграл с этим эталоном. Находится распределение значений этого интеграла на всем множестве экземпляров. Прямым подсчетом доли правильных и ошибочных решений оценивается зависимость вероятности правильного обнаружения от выбираемого порога решений. Аналогично формируются множество экземпляров откликов не N типа, включая отклики попадающихся комплексов других типов, строится свой вторичный эталон, определяется зависимость вероятности правильного не обнаружения от порога. Эта зависимость (наиболее простой случай) суммируется с предыдущей и определяется общий целесообразный порог. И так – для обнаружителей комплексов каждого типа. В этом – основное содержание и технология обучения обнаружителя QRS-комплексов заданных типов.

Обсуждаются результаты и особенности применения процедур разработанного программного инструментария. Вопрос об отборе информативных признаков в формируемых образах сигналов для повышения качества обнаружения комплексов заданных типов вынесен за пределы данной работы.

Список литературы

1. Шачиков А. Д. Шуляк А.П. «Отработка принципов анализа структуры циклических медико-биологических сигналов для их обнаружения, распознавания и классификации» // Вісник НТУ «КПІ». Серія приладобудування 49(1) – 2015. – с. 169–179.

СПОСОБЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПТТГ ПАЦИЕНТА ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ СД2

Сокол Е.И.¹⁾, Лапта С.С.¹⁾, Соловьева О.И.²⁾

¹⁾ НТУ «ХПИ», ул. Фрунзе, 21 Харьков 61002 Украина,

²⁾ ХНУВС им. И.Кожедуба, 61023, м. Харків, вул. Сумська 77/79

Сахарный диабет 2-го типа (СД2) — широко распространенное эндокринное заболевание, сопровождающееся гипергликемией и смертельно опасными сосудистыми осложнениями. Оно имеет длительный латентный период, названный нарушением толерантности к глюкозе (НТГ), когда уже развиваются типичные осложнения диабета. При этом в течение 10 лет НТГ у пациента равновероятно может перейти в неизлечимый в полном смысле явный СД2, а может и нормализоваться. Поэтому диагностика НТГ (ранняя диагностика СД2) в массовых масштабах, соответствующих распространенности СД2 и НТГ, является актуальной медицинской проблемой. В настоящее время ее ограничено решают экспертным методом на основе данных перорального теста толерантности к глюкозе (ПТТГ). Этот тест состоит в измерении уровня гликемии натощак и затем после перорального приема глюкозной нагрузки еще несколько раз с интервалом в полчаса [1].

Для объективизации и автоматизации диагностики НТГ по данным ПТТГ предлагались многочисленные способы введения по ним диагностических гликемических интервалов НТГ и диагностических параметров. Однако они оказались неудачными вследствие того, что реальные гликемические интервалы состояний НТГ и НОРМА по экспертным диагнозам, как показано нами, во все моменты времени измерения гликемии при проведении ПТТГ перекрываются в большей или в меньшей степени [2].

Поставленная нами задача нахождения объективного способа получения диагностической информации о состоянии системы регуляции углеводного обмена у пациента по данным проведенного у него ПТТГ, т.е. устранения субъективной составляющей диагностики НТГ экспертом-эндокринологом, была решена нами комплексно.

Была проведена обработка клинических данных ПТТГ методами искусственного интеллекта с обучением построенной искусственной нейронной сети (ИНС) на примерах экспертных диагнозов с соответствующими клиническими данными. Построенная и обученная на примерах с данными ПТТГ и с соответствующими экспертными диагнозами ИНС в дальнейшем позволяет проводить диагностику на новых тестовых примерах практически на том же уровне, что и сам эксперт.

Однако, проблема ранней диагностики СД2 состоит не только и даже не столько в своевременном выявлении гетерогенного состояния с НТГ.

Существует необходимость в дифференциальной диагностике НТГ с уверенным предсказанием дальнейшего его развития для конкретного пациента, что пока не удается эндокринологам.

Для возможности проведения дифференциальной диагностики НТГ была построена математическая модель физиологической системы регуляции углеводного обмена человека, нарушения в которой приводят к сахарному диабету, с параметрами, имеющими физиологический смысл. При ее параметрической идентификации по клиническим данным ПТТГ пациента проводился их пересчет в диагностические модельные параметры. Для нахождения диагностических интервалов по этим параметрам опять использовалась ИНС, обученная на экспертных диагнозах. Оказалось, что эффективность выявления НТГ по значениям диагностических параметров построенной математической модели практически не уступает ни экспертной диагностике, ни диагностике на основе ИНС. Но теперь появилась возможность проведения дифференциальной диагностики НТГ по разным сочетаниям значений диагностических параметров с соответствующим прогнозом развития диабета. Ее можно будет реализовать на основе новых клинических данных, полученных при проведении в дальнейшем многолетнего мониторинга состояний наблюдаемых пациентов с диагностированным НТГ.

При проведении отмеченной диагностической работы по выявлению НТГ по данным ПТТГ нам удалось сформулировать новый более совершенный диагностический критерий выявления этого состояния непосредственно по клиническим данным, названный нами интегральным логическим критерием (ИЛК). По эффективности выявления НТГ он практически не уступает ни экспертной диагностике, ни диагностике на основе ИНС, ни диагностике по диагностическим параметрам математической модели системы регуляции углеводного обмена и имеет вид следующей логической формулы алгебры высказываний:

$$p((k_1 < \alpha_1) \wedge (k_2 < \alpha_2) \wedge (k_3 < \alpha_3)) = \begin{cases} 1 & (\text{НОРМА}), \\ 0 & (\text{НТГ}), \end{cases}$$

где $k_1 = g_0$, $k_2 = g_{\max} / g_0$ ($g_{\max} = \max(g_{30}, g_{60})$), $k_3 = g_{120} / g_0$ – диагностические параметры; $\alpha_1 = 100 \text{ мг\%}$, $\alpha_2 = 1,6$, $\alpha_3 = 1,04$ – их граничные значения; g_0 , g_{30} , g_{60} , g_{120} – данные ПТТГ на нулевой, 30-й, 60-й и 120-й минутах теста, все они измеряются в мг% (количество мг глюкозы на 100 мл крови).

Список литературы

1. Эндокринологія / За ред. П. М. Боднара// К.: Здоров'я, 2002.–512 с.
2. Соловьева О. И. Статистический анализ экспериментальных данных для компьютерной системы ранней диагностики // Системи обробки інформації. – 2015. – №. 7. – С. 182-185.

АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРИПИНЕННЯ ЕПІЗОДІВ ФІБРИЛЯЦІЇ ПЕРЕДСЕРДЬ

Степанова А.О., Іванько К.О., Іванушкіна Н.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

вул. Політехнічна 16, корп.12, к.423, м. Київ, 03056, Україна

step.ann.in@gmail.com, koondoo@gmail.com, n.ivanushkina@gmail.com

Актуальність роботи обумовлюється значним поширенням серцево-судинних захворювань та необхідністю розробки діагностичних комп'ютерних систем для раннього неінвазивного виявлення кардіологічних патологій. Метою роботи є виділення електричної передсердної активності з багатоканального запису електрокардіограми (ЕКГ) для підвищення якості діагностики передсердних аритмій та прогнозування припинення епізодів фібриляції передсердь (ФП).

Аналіз передсердної активності має велике значення при діагностиці ФП. При цьому необхідно вилучити з ЕКГ сигналу компоненти, пов'язані зі шлуночковою активністю, тобто QRS комплекси і Т хвилі.

Проблеми розділення сигналів передсердної та шлуночкової активності:

- передсердна активність проявляється на ЕКГ зі значно меншою амплітудою сигналу порівняно зі шлуночковою активністю;
- спектри сигналів передсердної та шлуночкової активності перетинаються у частотній області;
- методи, засновані на відніманні від ЕКГ сигналу шаблонів QRS комплексу і Т хвилі, дають незадовільні результати через їх високу чутливість до морфологічних змін QRS комплексу, а також нездатність усунути артефакти руху електродів.

Проте, важливе припущення, що під час ФП передсердна і шлуночкова активність є породженням джерел незалежної біоелектричної активності, дозволяє вирішити проблему відокремлення сигналів шляхом застосування методу незалежних компонент – ICA (рис.1). Цей метод являє собою алгебраїчне розділення сигналів від декількох джерел, які спостерігаються у вигляді суміші сигналів [1, 2].

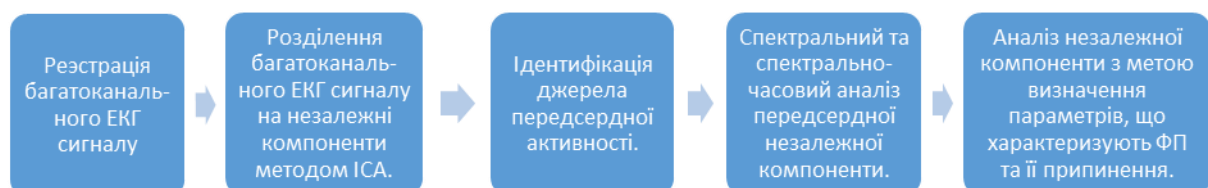


Рисунок 1 – Алгоритм виділення електричної передсердної активності для аналізу та прогнозування припинення епізодів ФП

Для ідентифікації серед отриманих незалежних компонент саме тієї, що відповідає електричній активності передсердь, використано коефіцієнти асиметрії та ексцесу, а також спектральний аналіз (рис.2). Показники асиметрії та ексцесу призначені для визначення близькості аналізованого закону розподілу до закону Гауса. У ході експериментів досліджувалися реальні 12-канальні записи ЕКГ з ресурсу PhysioNet, в яких були присутні ознаки ФП.

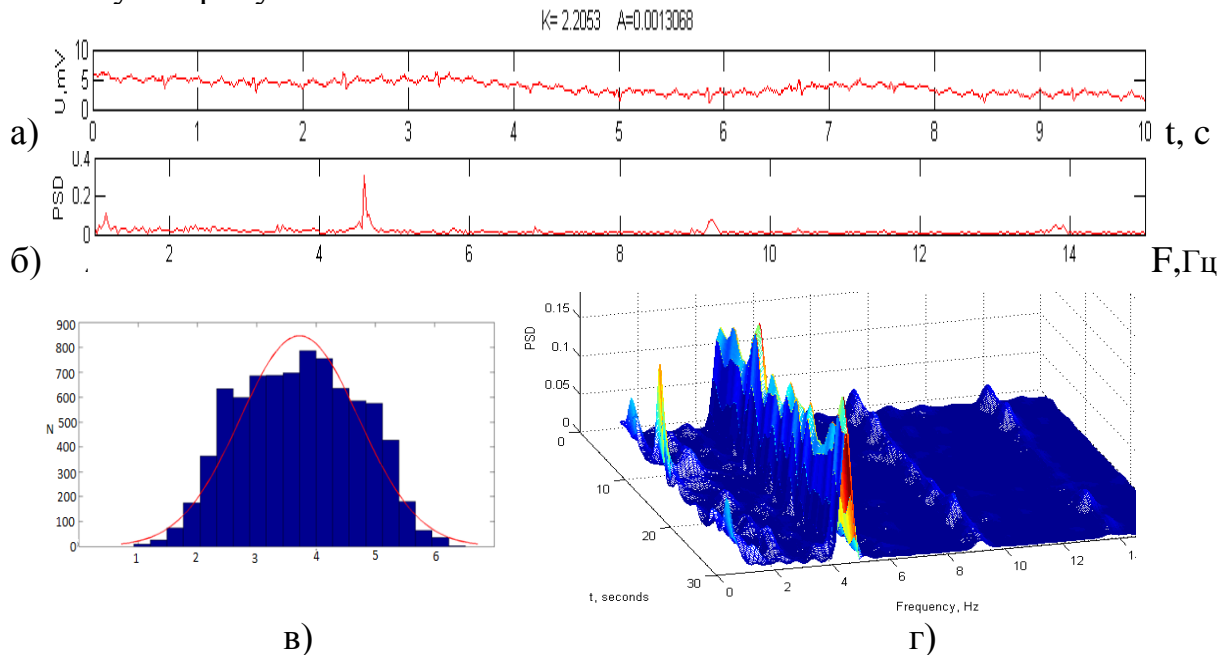


Рисунок 2 – Ідентифікована передсердна незалежна компонента (а), її спектральний аналіз (б), гістограма (в) та спектрально-часовий аналіз (г)

Для досліджених сигналів розраховано параметр, що характеризує ступінь сконцентрованості енергії на домінантній частоті фібриляції передсердь та її гармоніках. Він визначається як відношення площі спектра на інтервалі піку домінантної частоти та її гармонік до загальної площі під кривою спектра у діапазоні частот 4-30 Гц. За допомогою спектрограми пропонується відслідковувати зміну домінуючої частоти фібриляції в часі, що надає можливість прогнозувати ймовірність припинення епізоду фібриляції передсердь спонтанним чином або в результаті терапевтичних дій. Якщо домінуюча частота ФП, яка визначається зі спектру передсердної незалежної компоненти, знаходиться в межах 4-5 Гц, це свідчить про те, що ФП у пацієнта може припинитися найближчим часом спонтанно без застосування електричної кардіоверсії. Частоти 6-15 Гц є небезпечними для пацієнта та вимагають невідкладних терапевтичних дій.

Список літератури

1. Blind source separation and independent component analysis/S. Choi, A. Cichocki // Neural Information Processing. – 2005. – Vol. 6. P:1– 57.
2. Comparison of Atrial Signal Extraction Algorithms in 12-Lead ECGs with Atrial Fibrillation, IEEE Trans. Biomed. – 2006. – vol. 53, no. 2, pp. 343–346.

ТРЕБОВАНИЯ К ИСТОЧНИКАМ КВЧ ДИАПАЗОНА ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ ВРЕДНОЙ МИКРОФЛОРЫ НА ФРУКТОПЛОДАХ

Федюшко А.Ю.¹⁾, Черенков А.Д.²⁾

*¹⁾ Таврический государственный агротехнологический университет,
Украина, г. Мелитополь, пр. Б. Хмельницкого 18*

*²⁾ Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства им. Петра Василенко, Украина, г. Харьков, ул. Алчевских 44*

Конечной целью сельхозпроизводителей является не только возрастание объемов производства продукции, а и реализация ее по наиболее выгодной цене. В связи с этим, особое значение имеют вопросы по послеуборочной доработке плодов, овощей, их сортировка, упаковка, продление периода реализации – все что позволяет существенно повысить конкурентоспособность продукции и получить больший доход.

Существует много способов хранения плодоовощной продукции. Основные из них: сушка, замораживание и хранение в холодильниках.

На сегодняшний день существует несколько промышленных технологий сушения: конвективная, кондуктивная, сублимационная, высокочастотная, современная экологически чистая инфракрасная технология.

Низкое содержание кислорода позволяет резко снизить интенсивность дыхания плодов, что способствует более длительному и качественному их хранению. Для различных культур и сортов минимально допустимая концентрация кислорода может быть определена методом его снижения до момента образования этанола. Если процесс образования этанола будет определен в самой ранней стадии, то его можно остановить при помощи повышения концентрации кислорода на десятые доли процента, таким образом определяется минимально допустимая концентрация кислорода для данного сорта. Основным условием поддержания оптимально низкой концентрации кислорода является герметически закрывающаяся камера. Другим важным компонентом атмосферы, влияющим на хранение плодоовощной продукции, является углекислый газ, который выделяется плодами в результате дыхания и в повышенных концентрациях тормозит этот процесс. Если поместить фрукты или овощи в герметическое помещение, то концентрация в атмосфере кислорода (21%) будет в процессе дыхания снижаться, а углекислого газа возрастать.

Способ переработки сырья и продуктов оказывает влияние на уровень их микробиального обсеменения. Так, механическая переработка и измельчение продуктов при получении овощных и фруктовых пюре, фарша, изделий из рыбы и др., как правило, приводит к увеличению

степени бактериального обсеменения. Для сохранения пищевых продуктов и предотвращения их порчи разработано много способов. Все способы хранения пищевых продуктов можно разделить на четыре группы:

- направленные на поддержание жизненных процессов свежих продуктов. На хранение отбирают свежие, неповрежденные клубни овощей, фрукты, здоровое зерно и т. п.;

- направленные на уничтожение микроорганизмов в продукте (использование высоких температур, консервантов, антибиотиков, использование различных видов облучения);

- направленные на приостановление жизнедеятельности микробов в продукте, т. е. создание таких условий, в которых микроорганизмы сохраняют жизнеспособность, но деятельности не проявляют (использование низких температур, (высушивание);

добавление к продукту веществ, создающих высокое осмотическое давление; повышение кислотности продукта;

- способы, направленные на изменение состава микрофлоры продукта различными внешними воздействиями. При этом вызывают развитие таких микроорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности улучшают вкусовые и пищевые достоинства продукта. Продукты жизнедеятельности этих микроорганизмов препятствуют развитию вредной микрофлоры. На этом принципе основано хранение квашеных овощей и плодов, производство кисломолочных продуктов, хранение рыбных продуктов и т. д.

Теоретический и экспериментальный материал показал, что для уничтожения вредной микрофлоры на фруктоплодах при их хранении электромагнитным излучением носит резонансный характер, а время взаимодействия, для биологического эффекта составляет от десятка минут до нескольких часов. Это связано с тем, что в экспериментах использовались нестабильные по частоте генераторы, относительная нестабильность частоты которых составляла $10^{-3} \dots 10^{-4}$. Экспериментальные результаты показывают, что из-за низкой стабильности частоты генератора время взаимодействия электромагнитных излучений с вредной микрофлорой увеличивается на 6...7 порядков. Оценочные расчёты показывают, что облучение вредной микрофлоры необходимо производить электромагнитным излучением, в качестве источников которых следует использовать высокостабильные по частоте генераторы КВЧ диапазона, позволяющие осуществить точную настройку ($10^{-3} \dots 10^{-4}$) на контур линии вредных микроорганизмов и обеспечить полную (95%) передачу энергии облучения биологической структуре, существенно уменьшить время синхронизации и общее необходимое время на несколько порядков.

Выводы. Для уничтожения вредной микрофлоры на фруктоплодах необходимо применять высокостабильный источник колебаний с относительной нестабильностью частоты в пределах $10^{-6} \dots 10^{-7}$, что позволит уменьшить время уничтожения микрофлоры до десятков секунд.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ НАТУРНОГО ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ

Фильзов М.¹⁾, Тымкович М.Ю.²⁾

*¹⁾ Институт мультифазных процессов, университет им. Лейбница,
Германия, г. Ганновер, Callinstrasse 36;*

*²⁾ Кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный
университет радиоэлектроники, Украина, г. Харьков, пр. Науки 14*

Специальность хирурга является одной из наиболее сложных и ответственных профессий. От хирурга непосредственно зависит результат оперативного вмешательства, или другими словами – жизнь оперируемого. Обучение специалиста в области хирургии занимает длительный период времени, но в тоже время, хирург на протяжении всей медицинской практики должен совершенствовать свои навыки. Учитывая тот факт, что непосредственное проведение хирургического вмешательства связано с риском для жизни оперируемого, возможности обучения резко ограничены. Также, необходимо принять во внимание то, что, при проведении сложных, нестандартных оперативных вмешательств нет права на ошибку, или “отмены” уже совершенных хирургических манипуляций. Поэтому возникает необходимость в средствах, обеспечивающих как обучение, так и предоперационное планирование. Такими средствами могут быть как виртуальные, так и физические симуляторы.

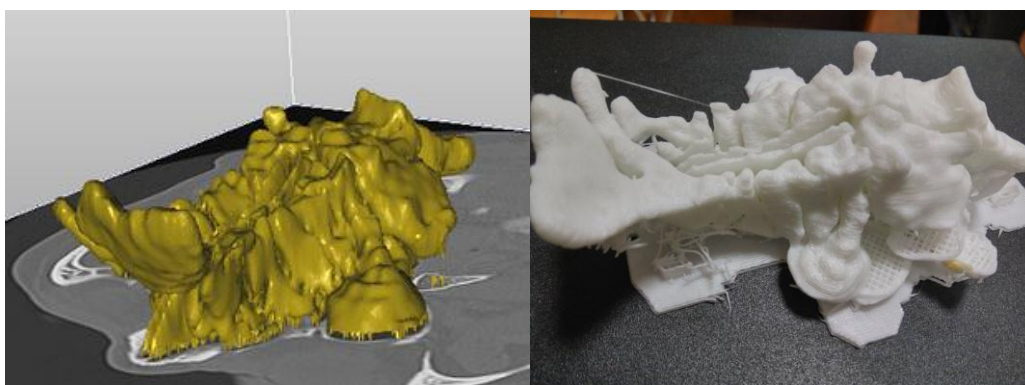
Использование реальных физических объектов имеет свои преимущества, в сравнении с виртуальными, главным из которых является естественность манипуляций для обучаемого. Построение таких физических тренажеров главным образом связано со сложностью воспроизведения геометрии анатомических структур. Кроме того, для задач предоперационного планирования реконструкция должна быть высокоточной. Это стало возможным, с появлением технологий трехмерной печати [1, 2]. Таким образом, основной целью работы являлось исследование возможностей использования технологии трехмерной печати для задач натурального предоперационного планирования и обучения.

В работе использовался принтер WANHAO Duplicator i3 (рис. 1), рабочее пространство которого составляет 200 мм x 200 мм x 180 мм, а разрешение среза 0.1–0.4 мм.

Исходными данными являлись томографические срезы головы. Объем подвергался сегментации, исходя из шкалы рентгеновской плотности Хаунсфилда, с целью вычленения структуры подвергающейся реконструкции (воздухоносных путей и пазух). На следующем этапе, трехмерная модель (рис. 2 а) воспроизводилась методом трехмерной печати (рис. 2 б).



Рисунок 1 – 3D принтер WANHAO Duplicator i3



а

б

Рисунок 2 – Реконструкция анатомических структур: а – трехмерная виртуальная модель; б – результат реконструкции

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о необходимости и возможности применения технологий быстрого прототипирования при создании натуральных объектов в целях, как обучения, так и для задач предоперационного планирования. Следующим шагом, является разработка набора трехмерных моделей, оперируемых оториноларингологических структур по персонализированным томографическим данным. Перспективой работы является повышение реалистичности натуральных моделей, которые будут по внешнему виду, геометрической форме и свойствам материалов максимально приближенными к реальным анатомическим объектам.

Список литературы

1. Muth, J. T. Embedded 3D printing of strain sensors within highly stretchable elastomers [Текст] / J. T. Muth, D. M. Vogt, R. L. Truby и др. // Advanced Materials. – 2014. – Т.26. – №36. –С. 6307-6312.
2. Rengier, F. 3D printing based on imaging data : review of medical applications [Текст] / F. Rengier, A. Mehndiratta, H. von Tengg-Kobligh и др. // Int J CARS. – 2010. – № 5. – С. 335-341.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ БИНАРНЫХ ПРИЗНАКОВ ТИПОВ QRS-КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ ПАЦИЕНТА

Шачиков А.Д.¹⁾, Шелофаст В.А.²⁾, Шуляк О.П.³⁾

¹⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 02183 Укрaina, Киев, просп. Ватутина 26, e-mail: light.ash1@gmail.com*

²⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03057 Украина, Киев, ул. Металлистов, 3, к. 2-18, e-mail: vitalyturkov@gmail.com*

³⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 01030 Украина, Киев, ул. Леонтовича 6А, e-mail: shulyak.alex@mail.ru*

Под локализацией признаков QRS-комплексов электрокардиограммы понимается их расположение в полной системе признаков, построенной в соответствии с положением отдельных отсчетов сигнала в едином окне их наблюдения [1]. Каждый комплекс анализируется в целях определения его типа из заданной совокупности. Решение формируется вначале для пар типов комплексов. Информативными для каждой конкретной пары типов комплексов считаются такие признаки (простые бинарные сочетания отсчетов характеристики формы сигналов), которые являются носителями существенных характерных отличий для таких типов. Отличия фиксируются с помощью установленных критериев.

Очередной признак указанной системы считается информативным, если его использование не снижает качество распознавания образов – по статистическим оценкам вероятности правильного решения рассматриваемой задачи на обучающей выборке, для которой считается достоверно известным тип каждого QRS-комплекса. Обучающие выборки используются из базы данных с получасовыми записями электрокардиограмм пациентов в двенадцати стандартных отведениях с разметкой RR-интервалов и указанием типов комплексов.

Рассматривается программный инструментарий, позволяющий:

- автоматически сформировать указанные бинарные признаки;
- проранжировать указанные бинарные признаки по информативности для заданных пар типов комплексов путем обработки обучающей выборки;
- зафиксировать при этом локализацию каждого из признаков в общей системе;
- определить их целесообразный состав для наиболее качественного (в указанном смысле) решения рассматриваемой задачи распознавания с указанием данных об их локализации;

– получить оценку качества решения рассматриваемой задачи распознавания типов комплексов в заданных парах.

Отдельный результат исследований – возможность объективного автоматического выявления с помощью предлагаемого инструментария наиболее существенных отличий в форме пар встречающихся типов QRS-комплексов по бинарным признакам на основе анализа данных.

Данный программный инструментарий выполнен в среде Matlab и отлажен на реальных данных электрокардиографического обследования пациента. Для примера рассматривалось отведение III в стандартной системе двенадцати отведений. В предлагаемом для иллюстрации примере окно анализа сигнала было фиксированным для всех комплексов. Количество исходных отсчётов характеристики формы сигналов – 128. Соответствующее число бинарных признаков (сочетаний таких отсчётов) – 8128. Все бинарные признаки систематизировались в квадратную матрицу 128×128 , которая использовалась, в том числе, и для отражения локализации наиболее информативных признаков.

В данном примере рассматривался вопрос распознавания комплексов двух типов: N (Normal beat) и V (Premature ventricular contraction). Информативность бинарных признаков оценивалась с использованием критериев Кульбака и α_z [1], для чего собиралась статистика данных для типов комплексов на всей обучающей выборке. В ней оказалось 2361 комплексов N-типа и 110 комплексов V-типа. При обработке данных были сформированы гистограммы распределений бинарных признаков в виде ступенчатой поверхности над координатной плоскостью значений участвующих в парах признаков. Область значений каждого признака разбивалась на 8 дискретов.

Отбор информативных признаков позволил сократить целесообразное к использованию их количество до 3312, что является особо важным в статистических исследованиях при большом исходном количестве используемых признаков. Отбрасывание неинформативных признаков позволило повысить вероятность правильного решения задачи распознавания образов примерно на 0,7% с 89,88% до 90,58%.

Результат отбора информативных признаков и фиксация их локализации отображались для наглядности в виде указанной матрицы, где полезные признаки были отмечены специальным образом (выделены цветом). Анализ полученного результата показал, что локализация таких признаков не противоречила интуитивному ожидаю их расположения.

Список литературы

1. Шачиков А.Д. Шуляк А.П. «Обработка принципов анализа структуры циклических медико-биологических сигналов для их обнаружения, распознавания и классификации» // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування 49(1) – 2015. – с. 169–179.

СОЧЕТАНИЯ ОТСЧЕТОВ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОРМЫ QRS-КОМПЛЕКСОВ КАК БИНАРНЫЕ ПРИЗНАКИ ИХ РАСПОЗНАВАНИЯ В ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ ПАЦИЕНТА

Шачиков А.Д.¹⁾, Шелофаст В.А.²⁾, Шуляк О.П.³⁾

¹⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 02183 Укрaina, Киев, просп. Ватутина 26, e-mail: light.ash1@gmail.com*

²⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03057 Украина, Киев, ул. Металлистов, 3, к. 2-18, e-mail: vitalyturkov@gmail.com*

³⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 01030 Украина, Киев, ул. Леонтовича 6А, e-mail: shulyak.alex@mail.ru*

Работа выполнена в общем направлении совершенствования систем признаков медицинских сигналов для решения задач их обнаружения, распознавания и классификации в целях решения вопросов диагностики пациентов. В работе решаются вопросы разработки программного инструментария формирования простых бинарных признаков QRS-комплексов ЭКГ в виде сочетаний отсчетов характеристики формы рассматриваемых сигналов.

Обсуждается вопрос разработки программных процедур для выделения бинарных признаков из анализируемых сигналов, систематизации этих признаков, оценки их количества, графической интерпретации, формирования характеристик распределения по вероятности данных признаков, включая вопросы оценки гистограмм для указанных распределений, а также процедур сравнения систем таких признаков, определения подходов к оценке их информативности и, на заключительном этапе, процедур принятия решений о типах QRS-комплексов с использованием бинарных признаков.

Рассматривается распознающая система, обучаемая с учителем. Решаются вопросы распознавания QRS-комплексов типов N и V. В качестве обучающей выборки используется получасовая запись ЭКГ пациента из базы данных [1]. Обсуждается применимость бинарных признаков для распознавания указанных типов комплексов с оценкой качества решения такой задачи, что обеспечивает решение вопроса о состоятельности использования систем простейших бинарных признаков. Выполнение тех или иных мат операций с одинарными признаками, объединяемыми в бинарные, в данной работе не рассматриваются.

Исходные данные – запись ЭКГ с разметкой R-R интервалов и комментарием о типах всех имеющихся в ней комплексов. Для выделения признаков таких комплексов из записи выделяются фрагменты,

охватывающие все основные их элементы. Окно анализа комплексов – фиксированное. Последовательности отсчетов таких сигналов преобразуются в характеристику их формы. Для этого удаляется постоянная составляющая сигнала из окна наблюдения. Энергия сигнала приводится к единичному значению. Рассматриваемые бинарные признаки выделяются из последовательности отсчетов такой характеристики формы для каждого комплекса. В качестве простейших бинарных признаков рассмотрены сочетания указанных отсчетов. Всевозможные сочетания удобно было систематизировать в виде матрицы. При этом, если кол-во отсчетов сигнала равно n , то количество таких бинарных признаков равно числу сочетаний из n по два. В окне наблюдения 128 отсчетов. Отсюда, число бинарных признаков равно 8128.

Каждый бинарный признак в своей геометрической интерпретации представляет собой точку в системе координат на плоскости. На осях откладывались значения отсчетов. Все множество возможных реализаций любого такого признака для некоторого множества рассматриваемых комплексов представляет собой совокупность подобных точек. Удобно было найти среднее положение точки в таком множестве и принять его за эталон для соответствующего комплекса по этому признаку. Полный эталон комплекса с системой подобных признаков образует упомянутую матрицу. Принятие решений состоит в сравнении подобного матричного портрета рассматриваемого экземпляра комплекса с матричным портретом, сформированным в качестве эталона. Для принятия решений используется расчет корреляционных интегралов, как и в случае с одинарными признаками [2, 3]. Корреляционный интеграл вычисляется поэлементно по отдельным признакам. Для каждой пары устанавливается вес, обратный количеству рассматриваемых признаков.

Данный инструментальный проверялся на реальной записи пациента. Вероятность правильного распознавания типов комплексов составила примерно 90%, что отражает состоятельность рассмотренных систем бинарных признаков. Эти признаки могут применяться в распознающих системах наряду с признаками других типов.

Список литературы

1. PhysioNet. St.-Petersburg Institute of Cardiological Technics 12-lead Arrhythmia Database. <http://physionet.org/physiobank/database/incartdb>.
2. Коростелев А.А. Теоретические основы радиолокации: Учебн. пособие для вузов. Под ред. Дулевича В. Е. – М., Сов. Радио, 1978. – 608с.
3. Шачиков А. Д. Шуляк А.П. "Отработка принципов анализа структуры циклических медико-биологических сигналов для их обнаружения, распознавания и классификации" // Вісник Національного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія приладобудування 49(1) – 2015. – с. 169–179.

ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕРМОБЕЗОПАСНОСТИ ИМПЛАНТИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ

Швец С.Н., Победа Т.В., Безкоровайный В.С.

Луганский национальный университет имени Владимира Даля

Одна из проблем создания имплантируемого устройства (ИУ) с беспроводным индуктивным модулем питания (БИМП) заключается в необходимости обеспечения безопасности жизнедеятельности организма наряду с поддержанием требуемого уровня выходной мощности для заряда аккумулятора. Так, если массогабаритные характеристики ИУ не должны превышать 5 % от массы биологического объекта [1], что обеспечивает предупреждение механического повреждающего действия ИУ на ткани организма, то допустимый нагрев тканей, контактирующих с элементами системы, а также тканей, находящихся в зоне действия электромагнитного поля (ЭМП), не должен превышать 2 °С [2]. Нагрев элементов системы БИМП может вызывать дискомфорт у пациента, повысит вероятность развития инфекции, а при нагреве окружающих тканей до температуры 42°С и более – привести к патологическим изменениям. В настоящее время предложен метод выбора параметров приемной катушки (радиуса провода, числа витков, радиуса катушки) при заданных параметрах системы, обеспечивающих термобезопасность [3]. При реализации этого подхода, исходя из потребностей во внутреннем питании и напряжении, определяется максимальное значение тока I_{\max} , проходящего через обмотку катушек. На основании полученных зависимостей между I_{\max} (соответствующим нагреву катушки радиусом 5 см на 2 °С), диаметром провода и числом витков катушки выбираются соответствующие параметры. После выбора числа витков катушки определяется радиус витков. Показано, что влияние радиуса катушки становится существенным только тогда, когда его значение оказывается ниже определенного предела, называемого тепловым радиусом R_{therm} [3]. В работе приведена зависимость теплового радиуса R_{therm} от числа витков катушки N для различных значений радиуса витков. Согласно проведенным исследованиям любая катушка с радиусом от R_{therm} до 5см будет термобезопасной.

Также потенциальными причинами нагрева тканей при использовании беспроводной индуктивной системы питания являются индуцируемые в них токи проводимости и смещения, и выделение тепла на линейных стабилизирующих и прочих резистивных компонентах приемного модуля, предназначенного для подзарядки встроенного источника питания [4]. При этом оптимальный уровень мощности электромагнитного поля находится в зависимости от расстояния между имплантируемым устройством и передающим индуктивным контуром. В связи с этим возникает задача синтеза адекватного алгоритма

автоматической подстройки мощности генератора, учитывающего вариабельность расстояния между индукторами, определяемого конкретными клинико-экспериментальными задачами. В [4] исследования проводились на макете имплантируемого устройства объемом 9 см³ в полимерном корпусе, находящемся на расстоянии 25-45 мм от передающего контура и обеспечивающем выходную мощность до 0,5 Вт для заряда аккумулятора при частоте поля до 1 МГц. В качестве имитационной среды организма использовался физиологический раствор. Также была разработана структурная схема (рис. 1), согласно которой выполнен синтез оптимального алгоритма регулирования.



Рисунок 1 – Структурная схема приемопередающих частей БИМП

По экспериментальным исследованиям [4] было установлено, что при заданных характеристиках системы окружающая имитационная среда нагревается преимущественно от ИУ. При оптимальной установившейся величине принимаемой мощности основным источником тепла являлся индуктор, обладающий наибольшим активным сопротивлением среди всех компонентов. Для максимизации эффективности передачи энергии индуктор рекомендуется располагать непосредственно у стенки полимерного корпуса ИУ, а аккумулятор – наиболее удаленно от индуктора, так как его металлический корпус негативно влиял на добротность индуктора.

Список литературы

1. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических средств / под общ. ред. Р. У. Хабриева. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 2005. - 832 с.
2. Seese T. M., Harasaki H., Saidel G. M., Davies C. R. Characterization of Tissue Morphology, Angiogenesis, and Temperature in the Adaptive Response of Muscle Tissue to Chronic Heating//Laboratory Investigation. 1998. Vol. 78. Iss. 12. P. 1553-1562.
3. Pures R., Vandervoorde G. Recent Progress on Transcutaneous Energy Transfer for Total Artificial Heart System // Artificial Organs. 2001. Vol. 25 (5). PP. 400-405.
4. Горский О. В. Минимизация нагрева имплантируемых устройств с беспроводной индуктивной системой питания / О.В. Горский // Информационно-управляющие системы. – 2014. – № 5. – С. 40-50.

МОЖЛИВІСТЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ МІКРОПЕРЕМІЩЕНЬ АДАПТЕРА ЛАЗЕРНОГО ІНСТРУМЕНТА ПРИ ЗДІЙСНЕННІ МАЛОІНВАЗИВНИХ ОФТАЛЬМОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Шиндерук Т.Д.¹⁾, Павленко Ж.О.²⁾, Цуканова І.В.³⁾

¹⁾ *НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,
м. Київ, вул. Академіка Янгеля, буд. 7, deskeyn@live.com*

²⁾ *НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,
м. Київ, пр. Перемоги 37/2 кв.12, V_akhmetov@voliacable.com*

³⁾ *ДУ «Інститут очних захворювань та тканинної терапії ім. В. П.
Філатова» ВП НАМН України, м. Одеса, Французький бульвар 49/51*

Створення і оптимізація систем мікропереміщень мініатюрних об'єктів завжди є актуальним в приладобудуванні. В наш час зросла необхідність в створенні пристроїв мікропереміщень робочих органів (РО) пристроїв, призначених для біологічних та медичних досліджень. Це стосується зокрема і офтальмології. Тут пристрої мікропереміщень можуть використовуватись при здійсненні малоінвазивних операцій за допомогою покрокових переміщень лазерного променя, наприклад при підварюванні сітківки ока чи фотокоагуляції (випаровуванні) внутрішніх очних новоутворень. Більша частина таких оперативних втручань провадиться вручну, що вносить додаткові суб'єктивні похибки і впливає на якість процедури. Автоматизація створення точних малих переміщень робочих органів приладів неруйнівного контролю, медичного устаткування є важливим питанням, оскільки призводить до зменшення впливу суб'єктивного фактора при здійсненні заходів з контролю об'єктів чи процедур з ними і значно покращує результати [Л.1]. Фахівці інституту ім. В.П. Філатова, який здійснює науково-дослідну, клінічну діяльність виявляють велику зацікавленість у створенні пристроїв мікропереміщень адаптера лазерної установки для проведення різного роду офтальмологічних операцій згідно відповідних штатних методик, що підбираються для пацієнта за результатами його первинних задокументованих обстежень.

Робота присвячена розробці схеми управління п'єзодвигунами для організації прецизійних мікропереміщень адаптера лазера при офтальмологічних операціях (рис. 1). У системі використовується п'єзодвигун SQL-RV-1.8 фірми New Scale Technologies. Він має малі габаритні розміри, просту конструкцію, прямий лінійний привід, що не вимагає застосування додаткових механічних передач, а його точність переміщень становить 0,5 мкм. Створення керуючих сигналів для п'єзодвигуна здійснюється за допомогою драйвера NSD-2101.

Для збереження і передачі програми переміщень адаптера лазера в системі використовується мікроконтролер ATmega328. Мікроконтролер

має достатній об'єм пам'яті в 32 кб. Програма створюється на підставі результатів попередніх медичних досліджень (МРТ, комп'ютерного сканування та ін.) пацієнта, завдяки яким по відомим розмірам, об'ємному розташуванню новоутворення в оці чи контурам відшарування частини сітківки, задається траєкторія руху лазерного інструменту.

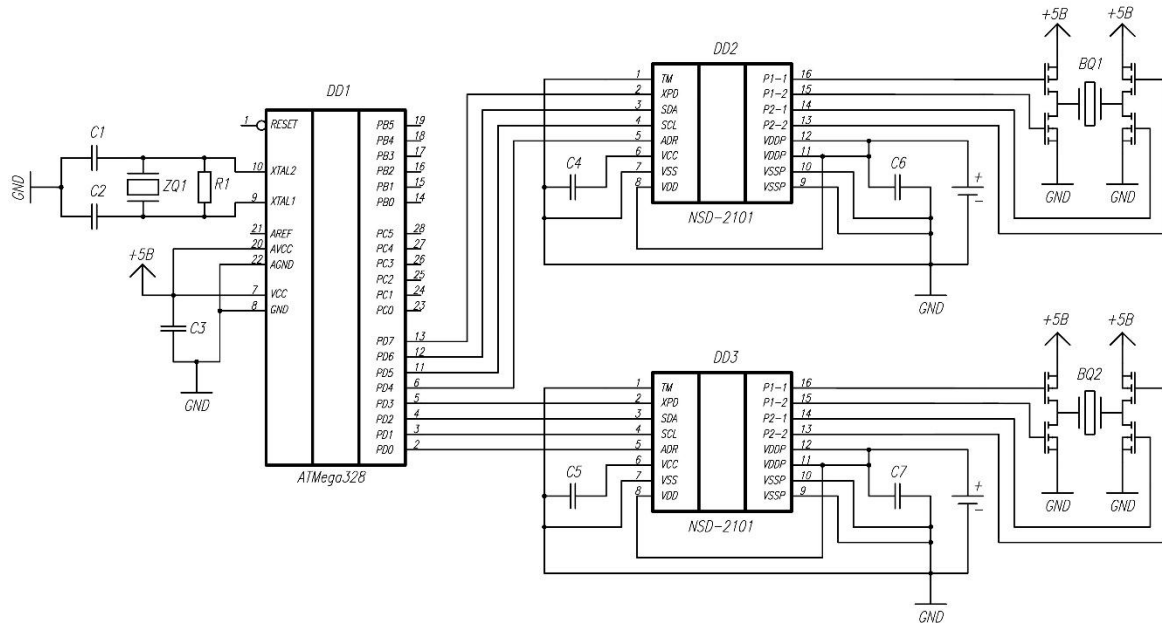


Рисунок 1 – Схема електрична принципова системи управління п'єзодвигунами

Планується розробка програмного забезпечення для управління драйвером в програмному середовищі LabVIEW, яке дозволило б медпрацівнику за результатами попередніх медичних досліджень, знаючи, наприклад, розміри, розташування новоутворення чи контури відшарованої частини сітківки самостійно задавати траєкторію руху лазерного інструмента. При цьому зменшаться суб'єктивні похибки, які можуть призвести до незворотних змін у стані хворого органу. Крім того, можна буде отримувати документовані підтвердження здійснених рухів і на їх основі покращувати алгоритм роботи програми і, в результаті, якість самих операцій.

Список літератури

1. Павленко Ж.А. Влияние субъективного фактора на достоверность результатов неразрушающего контроля / П.И. Водзик , Ж.А.Павленко, Д.П. Водзик // «Вісник нац. тех.ун-ту України «Київський політехнічний інститут» серія «Приладобудування» - 2013.- № 46. – С.46-54.
2. Бойко Э.В. Лазеры в офтальмохирургии: теоретические и практические основы. Военно-медицинская академия. Учеб. пособие -: «Санкт-Петербург», 2003. -39 с.

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ОТВЕДЕНИЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ В РАСПОЗНАВАНИИ ТИПОВ QRS-КОМПЛЕКСОВ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ КРИТЕРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Шуляк А.П.¹⁾ Сикач А.В.²⁾,

¹⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», », 01030 Украина, Киев,
ул. Леонтовича 6А, e-mail: shulyak.alex@mail.ru*

²⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 02183 Украина, Киев,
ул. Металлистов, 3, к.2-04, e-mail: SikachAnd@gmail.com*

Информативность отведений электрокардиограммы рассматривается применительно к задаче определения типов QRS-комплексов наперед заданной совокупности в записи указанного сигнала в двенадцати стандартных отведениях. Данный показатель связывается с вероятностью правильного решения такой задачи [1]. Вопрос о информативности для всех отведений рассматривается отдельно.

Полагается, что анализируемая получасовая запись сигнала из базы данных [2] имеет разметку RR-интервалов и комментариев о типе каждого комплекса в ней, что позволяет использовать эту запись в качестве обучающей выборки, и, в то же время, анализировать все QRS-комплексы в одном и том же окне наблюдения с фиксированным положением его перекрестья, на которое выставляется R-пик каждого из них.

Критерий принятия решения в рассматриваемом случае связывается с вычислением корреляционного интеграла для текущего комплекса и его эталона – среднего вида комплексов на выборке для каждого их типа. При обработке комплексов предусмотрен переход к характеристике их формы [3] – с удалением постоянной составляющей сигнала в окне наблюдения и нормировкой комплекса с приведением его энергии к единичному значению.

Изначально [1] фактическое качество решения задачи распознавания типов комплексов, отражающее информативность отведений и выражаемое оценкой вероятности правильного ее решения, определялось после ранжирования отсчетов характеристики формы сигналов по информативности во всех временных сечениях окна анализа по критериям Кульбака и α_z [3], основанных на сопоставлении распределений значений сигнала по вероятности в этих сечениях для комплексов разных типов, и обязательного исключения из состава сигнала всех отсчетов, которые снижают вероятность правильного решения задачи.

В данной работе предложено изменить критерий оценки информативности отсчетов при сохранении в общем прежней схемы

анализа сигналов с исключением из рассмотрения всех их элементов, негативно влияющих на решение задачи.

В предлагаемой работе рассматривается другой критерий оценки информативности отсчетов сигнала, учитывающий не взаимные распределения по вероятности этих отсчетов, как в предыдущем случае, а распределения соответствующих слагаемых корреляционных интегралов, используемых при принятии решений, что позволяет уточнить влияние каждого временного сечения в окне анализа сигнала на правильность принятия решений о типах комплексов и, в целом, уточнить оценки информативности каждого отведения кардиограммы в указанном плане. Рассматриваемые распределения оцениваются на обучающей выборке и оформляются в виде гистограмм.

Распределения сигнала и соответствующих слагаемых корреляционных интегралов в общем случае отличаются друг от друга, что изменяет получаемые результаты для оцениваемых отведений в обсуждаемом случае. Хотя формула расчета корреляционного интеграла использует те же самые отсчеты анализируемого сигнала, в корреляционном интеграле они приобретают веса, равные эталонным отсчетам, что и меняет представляющие интерес распределения и конечные результаты.

Данный подход, результаты и особенности применения разработанных в среде МАТЛАБ соответствующих процедур обработки данных иллюстрируются примером обучения распознающей системы с использованием записи кардиограммы реального пациента из указанной базы данных.

Приводиться сравнительная оценка представленных подходов к оценке информативности отведений электрокардиограммы при трёх типах QRS-комплексов в её составе (N, A, V вида). Второй подход может использоваться как уточняющий при обучении распознающей системы.

Список литературы

1. Сікач А. В., Шуляк О. П. "Про оцінку інформативності відведень електрокардіограм у визначенні типів QRS-комплексів в розпізнавальній системі, що навчається з вчителем" // Актуальні проблеми автоматики та приладобудування: матеріали Всеукр. наук-техн. конфер., 10-11 грудня 2015 р. – Х.: ТОВ «В Справі», 2015. – 211с.
2. PhysioNet. St.-Petersburg Institute of Cardiological Technics 12-lead Arrhythmia Database. <http://physionet.org/physiobank/database/incartdb>
3. Шачиков А. Д. Шуляк А.П. "Отработка принципов анализа структуры циклических медико-биологических сигналов для их обнаружения, распознавания и классификации" // Вісник Національного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія приладобудування 49(1) – 2015. – с. 169–179.

ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ В ДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНОМ БИОФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Щапов П.Ф., Томашевский Р.С., Доценко З.А., Корнеева Е.Р.
*кафедра промышленной и биомедицинской электроники, НТУ «ХПИ»,
Харьков, УКРАИНА, Email: tomashevskyi.emb@khpri.edu.ua*

Биологическая структура или объект – это невероятно сложная система, многие свойства которой проявляются лишь в условиях динамических воздействий. Изучение таких свойств довольно сложная задача, по причине того, что, измерительные сигналы, получаемые в ходе таких исследований, являются случайными процессами с бесконечным набором процессов нестационарности.

В 2015 году в лаборатории биомедицинской электроники кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника» НТУ «ХПИ» была поставлена серия экспериментов по изучению биохимической реакции при факторном физическом воздействии на биологические и химические жидкие образцы. Такие эксперименты проводились в рамках НДР «...». Для этой цели было разработано соответствующее техническое и программное обеспечение.

Однако эффективность таких исследований обеспечивается не только за счет программных и аппаратных средств, но и статистически обоснованном планировании эксперимента, выборе информационных показателей измерительного сигнала с высоким уровнем информативности.

К сожалению, использование информационно-статистических подходов к формированию планов динамических испытаний биологических объектов не применяется на практике, а теоретические аспекты их использования не идут дальше задач параметрического оценивания возможных рисков.

Целью работы являлось определение возможностей факторного дисперсионного анализа в задаче сравнительного выбора информативных параметров случайных измерительных сигналов, характеризующих инерционность электростатических взаимодействий в биохимических объектах, обусловленных динамическими внешними нагрузками.

В качестве экспериментальных объектов были выбраны три группы образцов с верифицированными химическими и биологическими состояниями: состояние S_0 (физраствор), состояние S_1 (цельная кровь без патологии); состояние S_2 (цельная кровь с онкопатологией – колоректальный рак (КРР)). В качестве факторной нагрузки использовалось циклическое изменение во времени давления на образец.

В модель эксперимента были заложены два неконтролируемых фактора: электрохимический дрейф при формировании потенциалов на электродах (вызывает дополнительную аддитивную погрешность преобразования), и неоднозначность в обеспечении повторяемости значений предельного атмосферного давления и параметров его изменений во времени (вызывает появление мультипликативных погрешностей в циклах нагрузочного воздействия).

Первоначальный выбор информативных параметров был определен различной электрохимической инерцией процессов ионной проводимости образцов при возрастании и убывании нагрузки. Для выявления таких различий была предложена процедура дискретного дифференцирования процессов $U(t)$ – изменения электропотенциала в рамках одного цикла нагружения. Для устранения погрешностей были проведены процедуры центрирования и последующего нормирования по максимальному значению.

Графический анализ полученных процессов показал однозначную асимметрию положительной и отрицательной полуволны, причем независимо от выбранной группы образцов. Результаты предварительного анализа позволили выделить, как минимум, три информативных параметра Y_1 , Y_2 , Y_3 , основанных на асимметричности полученных кривых. Далее была проведена оценка статистической значимости и количества информации для любого из параметров.

Таблица 1 – Значения информативных параметров по видам состояний и величины их F-статистик

Параметр	Состояние	Значения информативных параметров для одиночных образцов								$F_{2;15}$
Y_1	S_0	1,095	1,364	1,333	1,652	1,227	1,111	1,318	1,292	6,32
	S_1	1,0	1,0	1,34	1,41	1,0	–	–	–	
	S_2	2,433	2,673	2,659	1,238	1,152				
Y_2	S_0	1,667	2,0	4,25	2,0	1,667	1,1	1,444	1,444	12,31
	S_1	2,182	2,0	4,333	3,19	2,125	–	–	–	
	S_2	4,01	9,8	4,75	8,8	4,72				
Y_3	S_0	1	1	1	1	1	1	1	1	32,98
	S_1	3	2	3	3	2	1	1	1	
	S_2	6	7	5	4	3	–	–	–	

В результате исследования доказана возможность получения информации для идентификации состояния биохимических объектов, используя результаты активного факторного динамического эксперимента, даже в условиях параметрической неопределенности случайных измерительных сигналов.

СЕКЦІЯ 3. ПРИЛАДИ І МЕТОДИ КОНТРОЛЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ РЕЧОВИН

МОДЕЛЮВАННЯ ЄМНІСНОГО ДАВАЧА СКЛАДНОЇ ФОРМИ

Баженов В.Г., Івіцька Д.К

***Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”,
м.Київ, пр-т Перемоги, 37***

Моделювання давачів складної форми є актуальною проблемою у ємнісному методі неруйнівного контролю. Знаходження аналітичних розв’язків значення ємності можливе лише для давачів простої форми.

Ємності деяких типових конденсаторів були розраховані і узагальнені дослідниками [1]. Для розрахунку ємності плоского конденсатора прийнято використовувати конформне відображення [2]. Але, конформне відображення застосовується лише в 2D-постановках. Також існують інші методи, такі як функції Гріна [3] і метод моментів [4], однак ці способи придатні тільки для конфігурацій, які мають правильну симетрію (наприклад, концентричні геометричні форми). Щоб охарактеризувати копланарні зонди ємнісної томографії (наприклад, як показано на рис. 1) необхідним є 3D-аналіз та використання числових методів, зокрема методу кінцевих елементів.

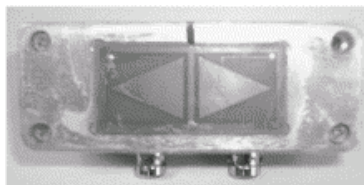


Рисунок 1 – Ємнісний давач

У загальному випадку, матеріали, що мають як діелектричні, так і провідні властивості, описуються рівняннями Максвелла-Ампера

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t},$$

де H – напруга магнітного поля; J – вільна щільність струму; D – щільність електричного потоку. Для усунення напруженості магнітного поля H

$$\nabla \cdot \left(J + \frac{\partial D}{\partial t} \right) = 0. \quad (1)$$

Враховуючи, що похідною щільності магнітного потоку B за часом можна знехтувати, і згідно закону Фарадея електричне поле E є вільним для звертання

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} = 0.$$

Таким чином, електричне поле E можна описати за допомогою електричного скалярного потенціалу розподілу $\varphi(x, y, z)$

$$E = -\nabla\varphi(x, y, z),$$

використовуючи конститутивні відносини

$$J = \sigma(x, y, z)E,$$

$$D = \varepsilon(x, y, z)E.$$

Вираз (1) має вигляд

$$\nabla[\sigma(x, y, z)\nabla\varphi(x, y, z)] + \nabla\left\{\frac{\partial}{\partial t}[\varepsilon(x, y, z)\nabla\varphi(x, y, z)]\right\} = 0.$$

де $\sigma(x, y, z)$ – розподіл провідності; $\varepsilon(x, y, z)$ – розподіл діелектричної проникності.

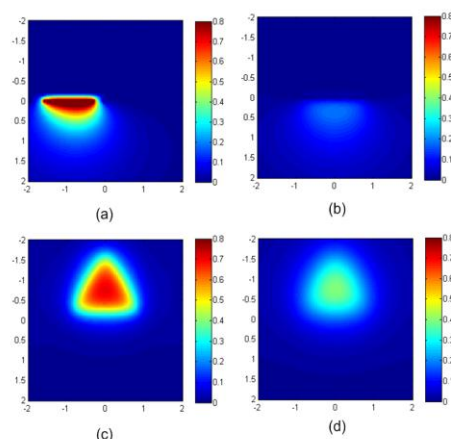


Рисунок 2 – Розраховані потенціали електричного поля

На рис. 2 зображено електричне поле у вигляді потенціалу в площинах (a) $y = 0$ (опорний електрод знаходиться зліва), (b) $x = 0$, (c) $z = -0.2$, (d) $z = -0.5$ (рушійний електрод знаходиться зверху). Розрахункова ємність для цього давача становить $1,30 \cdot 10^{-12}$ Ф.

Таким чином, комп'ютерне моделювання ємнісного давача дозволяє отримати значення розрахункової ємності для будь якої геометричної конфігурації.

Список література

1. Baxter L. K. //, Capacitive Sensors: Design and Applications. –Wiley: IEEE Press. — 1996.
2. Кочанов Э. С. // Радиотехника. — 1975. — Том. 7.
3. Chen T. Analysis of concentric coplanar capacitive sensor for nondestructive evaluation of multi-layered dielectric structures / T. Chen, N. Bowler // Dielectrics and Electrical Insulation. — 2010. — №17. — P. 1307—1318.
4. Bai E. W. Capacitor and the method of moments / E. W. Bai, K. E. Lonngren // Computers & Electrical Engineering. — 2004. — №30. — P. 223—229.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ЛАМИНАТОВ Ni+Cu и Ni+Ti+Cu АКУСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Безымянный Ю.Г., Высоцкий А.Н., Колесников А.Н.,
Назаренко В.А., Талько О.В.

*Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН
Украины, г.Киев, 03142, ул.Кржижановского, 3, bezimnyi@i.com.ua*

Одним из перспективных направлений создания композитов с новым полезным комплексом физико-механических свойств является формирование многослойных материалов на основе чередующихся по толщине фольг из разнородных металлов [1]. Рассчитать характеристики такого композита исходя из свойств исходных компонентов не всегда представляется возможным вследствие влияния большого количества различных факторов. Поэтому представляет интерес сопоставление реальных характеристик этих материалов, полученных в результате измерений, с их расчётными значениями. Такое сопоставление проведено на примере модуля упругости ламинатов Ni+Cu и Ni+Ti+Cu.

Для проведения исследований путём прокатки заготовок из поочерёдно расположенных Ni и Cu-вых или Ni, Cu и Ti-вых фольг (каждой по 10 шт.) в обойме на валках диаметром 500 мм при температуре 800 °С были изготовлены 8 вариантов ламинатов. Варианты отличались наличием компонентов (1-4 – Ni+Cu, 5-8 – Ni+Cu+Ti), толщиной образца (нечётные – 100, чётные – 200 мкм), направлением прокатки (1, 2, 5, 6 – вдоль, 3, 4, 7, 8 – поперёк образца). Для сравнения были изготовлены образцы из чистых Ni, Cu и Ti (варианты 9, 10, 11, соответственно) толщиной 200, 90 и 120 мкм, соответственно.

Для получения корректных результатов по рекомендациям [2] проведена адаптация метода измерения к структуре и форме образцов материала. Была выбрана модель эксперимента, позволяющая определять эффективный модуль упругости E по измеренным значениям скорости распространения нормальной симметричной упругой волны в пластине (c_{ps}). Эта скорость при $\lambda \gg h$ связана с модулем упругости выражением [3]:

$$c_{ps} = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}}$$

где λ – длина упругой волны; h – толщина образца; ρ – плотность; ν – коэффициент Пуассона. Эту скорость измеряли по длине (40 мм при прокатке вдоль и 20 – поперёк) образцов на частоте 5 МГц методом радиоимпульса с дискретной задержкой [2] при ударном возбуждении преобразователя [3] и сквозном прозвучивании образцов. Погрешность таких измерений не превышала 0,5 %. Коэффициент Пуассона выбран равным 0,35 для всех исходных материалов, а плотности рассчитаны как среднеарифметическое плотностей компонентов [4].

Результаты экспериментального определения модуля упругости приведены на рис. 1 (точки). Там же для сравнения сплошными линиями нанесены табличные значения [4] модулей упругости компонентов (N_i – верхняя, S_i – средняя, T_i – нижняя прямая) и результаты теоретических расчётов по методу Фойгхта[5], где учтены только свойства исходных компонентов (пунктирные прямые).

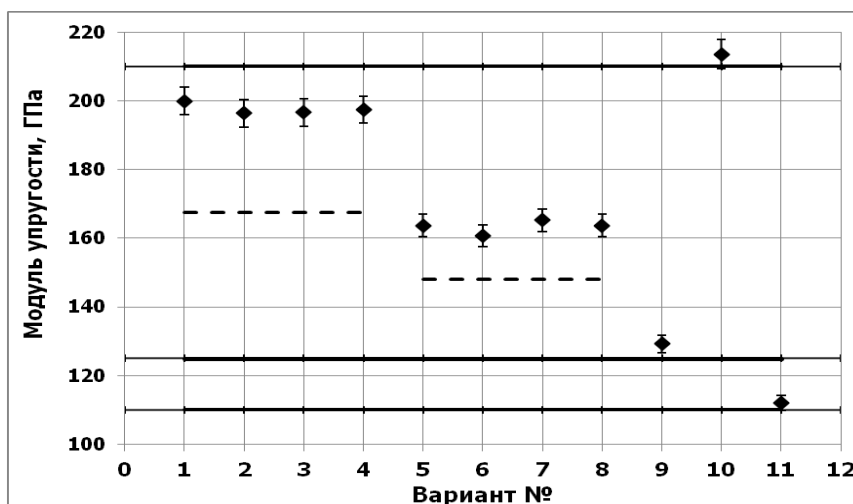


Рисунок 1 – Результаты исследований

Из рис. 1. видно, что все ламинаты в направлении прозвучивания имеют модули упругости, величины которых лежат между значениями для материалов, составляющих их слои. При этом, в пределах погрешностей измерений, не обнаружено влияние направления прокатки и изменения толщины образца на свойства ламината. Добавка T_i уменьшает модуль упругости ламината почти на 20 %, что связано с уменьшением плотности материала. Расчётные значения модуля упругости лежат ниже, что можно объяснить взаимодействием компонентов на границах фаз при прокатке.

Список литературы

1. Вишняков Л.Р. Композиционные материалы // Неорганическое материаловедение: Энциклопед. изд.: В 2 т. / под ред. Г.Гнесина, В.В.Скорохода. – Т.2. Кн.1. А – О: Материалы и технологии. – Киев: Наукова думка, 2008. – С.434-445.
2. Безымянный Ю.Г. Акустическое отображение материалов с развитой мезоструктурой // Акустичний вісник. – 2006. – Т. 9, № 2. – С. 3-16.
3. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. / Под общ.ред. В.В.Клюева. Т. 3: И.Н.Ермолов, Ю.В.Ланге. Ультразвуковой контроль. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.
4. Физические величины: Справочник / Под ред. И.С.Григорьева, Е.З.Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232с.
5. Скороход В.В. Теория физических свойств пористых и композиционных материалов и принципы управления их микроструктурой в технологических процессах // Порошковая металлургия. – 1995. – № 1/2. – С.53-70.

ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРУГОСТИ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ БИОГЕННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА

**Безымянный Ю.Г., Козирацкий Е.А., Комаров К.А., Куда А.А.,
Отыченко О.Н., Сыч Е.Е., Товстоног А.Б.**

***Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН
Украины, г. Киев, 03142, ул. Кржижановского, 3, bezimyniy@i.com.ua***

Для несущих механическую нагрузку имплантационных материалов, применяемых в ортопедии и травматологии, одним из важных показателей является соответствие модуля упругости кости и имплантата, необходимое, чтобы избежать разрушения кости в случае превышения модуля упругости имплантата или же, наоборот, разрушения имплантата, когда выше модуль упругости кости (так, для кортикальной и губчатой костных тканей в зависимости от выбранного участка модуль Юнга составляет 7-30 и 0,05-0,5 ГПа, соответственно) [1]. Поэтому определение модуля упругости является важной исследовательской частью в процессе создания имплантационных материалов.

В работе определены характеристики упругости 7 групп материалов медицинского назначения на основе биогенного гидроксиапатита (БГА), полученных по различным технологиям (табл. 1). Особенности этих материалов являются соответствующие их назначению высокие пористость и хрупкость, а особенность предоставленных образцов – разные размеры, что делает не корректным применение традиционных [2] методов измерения модулей упругости и предполагает адаптацию этих методов к указанным особенностям [3].

В образцах такой формы определение характеристик упругости и их корректное сопоставление могут быть проведены по результатам измерений скорости распространения упругой волны. Учитывая высокую пористость образцов, эту скорость измеряли на частоте 0,6 МГц методом радиоимпульса с дискретной задержкой при ударном возбуждении преобразователя и сквозном прозвучивании образцов. [3]

Минимизацию погрешностей измерений, обусловленных вариацией толщины контактного слоя и попаданием контактной смазки в материал, а так же сохранение целостности исследуемых образцов обеспечивали путём применения оригинальной методики измерений: излучаемый и приёмный преобразователи в специальной акустической камере располагали соосно с образцом и прижимали к нему через полимерную плёнку нормированной нагрузкой. При этом погрешность измерений составила 1,5 %.

Характеристики упругости, рассчитанные в соответствии с рекомендациями [4], представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики образцов и результаты измерений

Группа №	Состав	Технологические особенности получения	Пористость, %	Характеристика упругости, ГПа
1	БГА	Спекание в среде азота [5]	41,4-43,5	14,6-15,3
2	БГА+Fe ₃ O ₄	Легирование магнетитом, спекание в среде азота [5]	40,6-41,1	15,6-17,2
3	БГА+Fe ₃ O ₄	Легирование магнетитом, спекание в вакууме [6]	44,6-44,8	7,4-7,7
4	БГА+стекло+Fe	Спекание в воздушной среде [7]	26,0-27,0	37,7-43,6
5	БГА+ SiO ₂	Модифицирование высокодисперсным SiO ₂ [8]	45,0-48,5	5,4-6,8
6	БГА	Микроволновое спекание [9]	33,0-40,4	15,5-20,1
7	БГА	Традиционное спекание [9]	35,8-40,7	11,4-18,2

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности эффективного применения исследованных биоматериалов для замещения дефектов кортикальной костной ткани человека в зависимости от участка поражения.

Список литературы

1. Уварова И.В., Горбик П.П., Горобец С.В. и др. Наноматериалы медицинского назначения / за редакцией В.В. Скорохода. – К.: «Наукова думка», 2014, 414 с.
2. Францевич И.Н., Воронов Ф.Ф., Бакута С.А. Упругие постоянные и модули упругости металлов и неметаллов. Справочник – К.: Наукова думка, 1982. – 285 с.
3. Безымянный Ю.Г. Акустическое отображение материалов с развитой мезоструктурой // Акустичний вісник. – 2006. – Т. 9, № 2. – С. 3–16.
4. Пористые проницаемые материалы: Справ. изд. / Под ред. Белова С.В. – М.: Металлургия, 1987. – 335 с.
5. Otychenko O. Biogenic Hydroxyapatite Doped with Nanomagnetite Using Condens Physico-Chemical Method / O. Otychenko, A. Parkhomeny, T. Babutina, I. Uvarova // HighMathTech–2015: abstracts of 5-th Intern. Conf. – Kyiv, 2015. – P. 204.
6. Кудя А.А. Исследование влияния нано-магнетита на свойств invitro-биогенного гидроксиапатита / Кудя А.А., Отиченко О.Н., Пархомей А.Р. и др. // 36. наук. праць "Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології". – 2013. – Т. 11, № 4. – С. 797-804.
7. Kuda O. Effect of Fe₃O₄, Fe and Cu Doping on magnetic properties and behaviour in physiological solution of Biological Hydroxyapatite/Glass Composites / O. Kuda, N. Pinchuk, L. Ivanchenko et al. // Journal of Materials Processing Technology. – Vol. 209, Issue 4. – 2009. – P. 1960-1964.
8. Sych E.E. Effect of pyrogenic silicon dioxide on the structure and properties of hydroxyapatite based bioceramics // Glass and Ceramics. – 2015. – Vol. 72, Issue 3. – P. 107-110.
9. Tovstonog G.B. The Structure and Properties of Biogenic Hydroxyapatite Ceramics: Microwave and Conventional Sintering / G.B. Tovstonog, O.E. Sych, V.V. Skorokhod // Powder Metallurgy And Metal Ceramics. – 2015. Vol. 53, Issue 9. – P. 566-573

НЕЙРОННА МЕРЕЖА ДЛЯ БАГАТОКЛАСОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ОБ'ЄКТІВ

Бурау Н.І., Рупіч С.С.

Національний університет України

«Київський політехнічний інститут»

м. Київ, пр-т Перемоги, 37, 03056,

тел. (044) 406-85-02, e-mail: serhii.rupich@gmail.com

За останні десятиліття розвиток теоретичних основ інтелектуальних систем керування та розпізнавання базується на спільному застосуванні конкретних інтелектуальних інформаційних інструментів (технологій), таких як динамічні експертні системи, штучні нейронні мережі (ШНМ), нечітка логіка, асоціативна пам'ять, що надає можливість розробки інтелектуалізованих методів і алгоритмів[1-2].

Сучасний підхід передбачає організацію в інтелектуальних системах керування декількох підсистем або окремих систем, метою яких є контроль за технічним станом, статистична класифікація та керування взаємодії іншими підсистемами та системами. Кожна підсистема являє собою свою "нішу" в загальній системі контролю, класифікації та керування, має свій клас вирішуваних завдань, своє алгоритмічне та програмне забезпечення.

Такі принципи надають можливість побудувати багатокласові системи діагностики на якісно новому рівні. Багатоканальна система передбачає багато корисних сигналів з відмінними одне від одного даними. Тому, класифікатор стану повинен бути в змозі обробляти одночасно сигнали з різних датчиків та вирішувати питання технічного стану об'єкту, щоб система, або підсистема прийняття рішень отримувала достовірну інформацію.

Застосування нейронно-мережевої технології класифікації надає можливість певною мірою зняти математичні проблеми аналітичного синтезу та аналізу властивостей системи. При цьому, властивості та якість процесів розпізнавання більшою мірою залежать від властивостей багатошарових нелінійних нейромереж, а не від аналітично розрахованих оптимальних законів, що, зазвичай, реалізуються у вигляді комп'ютерної програми [3].

У роботі розглядається задача багатокласової діагностики за вектором діагностичних ознак A_0 , який містить 5 складових. Наприклад, до діагностичних ознак a_i можуть відноситись спектральні, кореляційні, фрактальні, статистичні характеристики вимірюваних сигналів. Однак, їх кількість може варіюватися в залежності від кількості вимірювальних каналів, діагностичної цінності ознак і кількістю класів технічного стану, проте бажано мати у векторі не менше 3-х ознак для достовірної класифікації. Для вектору, що містить 5 ознак, стан об'єкту контролю описується 6 класами. Загальна схема класифікатора стану системи моніторингу зображена на рис. 1[4].

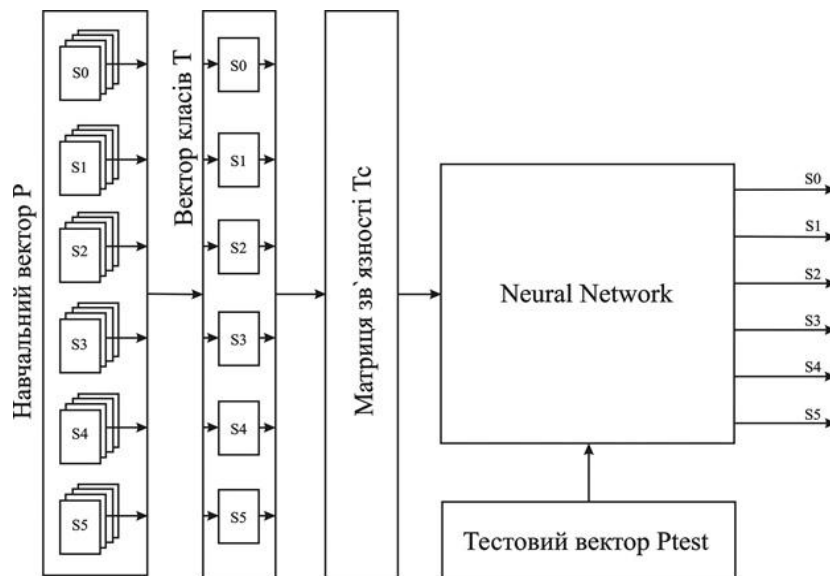


Рисунок 1 – Загальна схема класифікатора стану інформаційної системи діагностики побудованого на основі нейронних мереж

Як основу для класифікатора системи діагностики було обрано ймовірнісну мережу PNN. Сформований класифікатор протестовано на розпізнавання стану об'єкту за допомогою тестових множин. Проведена оцінка ефективності класифікатора від параметру впливу spread нейронної мережі. Визначений інтервал значень величини spread, за якого відбувається безпомилкове визначення стану об'єкта при відхиленнях різної величини. Результати показали можливість забезпечення достовірної класифікації нейронною мережею.

Список літератури

- 1.Макаров И.М. Концептуальные основы организации интеллектуального управления сложными динамическими объектами / И.М. Макаров // Новые методы управления сложными системами: сб. науч. тр. – М.: Наука, 2004. – С. 19–31.
2. Лохин В.М. Интеллектуальные системы управления: понятия, определения, принципы построения / В.М. Лохин, В.Н. Захаров // Интеллектуальные системы автоматического управления: сб. науч. тр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – С. 25–38.
3. Бурау Н. І. Розпізнавання технічного стану об'єктів на основі штучних нейронних мереж: монографія / Н. І. Бурау, О. В. Зажицький. – К. : НАУ, 2014. – 120 с.
4. Бурау Н. І. Синтез нейронної мережі для багатоканальної діагностики елементів конструкції в експлуатації / Н. І. Бурау, А. Г. Протасов, П. С. Мироненко, С. С. Рупіч // Методи та прилади контролю якості. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. – № 2(35). – С. 83-94.

ОСНОВНІ ВИМОГИ ЩОДО ВИБОРУ ЗАСОБІВ РАДІОГРАФІЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

Глоба С. М., Вяткін В. С., Гаврюшенко Д. А., Тутиніна О. В.

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю",
вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, sngloba@gmail.com*

Методи радіаційного контролю є одними з найбільш інформативних методів неруйнівного контролю та широко застосовується для контролю якості небезпечних виробничих об'єктів [1–6]. Найбільше поширення отримав радіографічний метод контролю зварних з'єднань при виготовленні, монтажі, експлуатації та ремонті в атомній промисловості, в нафтовій та газовій галузях, машинобудуванні, на вибухопожежо-небезпечних та хімічно небезпечних виробництвах. Використовуючи високо проникаючі рентгенівські (гамма) випромінювання, які не пошкоджують вироби, радіографія забезпечує реєстрацію на плівці візуальної інформації про внутрішній стан виробу, на підставі якої можна прийняти рішення про його справність. Радіографічний контроль застосовують для виявлення в зварних з'єднаннях тріщин, непроварів, пор, шлакових, вольфрамових, окисних і інших включень, а також для виявлення прожогів, подрізів, оцінки величини опуклості та угнутості кореня шва, неприпустимих для зовнішнього огляду [3].

Сформулюємо основні вимоги щодо вибору технічних засобів радіографічного контролю зварних з'єднань згідно [1, 3, 4, 5], а саме:

1. Радіографічний контроль слід проводити після усунення виявлених при зовнішньому огляді зварного з'єднання зовнішніх дефектів і зачистки його від нерівностей, шлаку, бризок металу, окалини та інших забруднень, зображення яких на знімку можуть перешкодити розшифровці знімка.

2. Після зачистки зварного з'єднання і усунення зовнішніх дефектів повинна бути проведена розмітка зварного з'єднання на ділянки та маркування (нумерація) ділянок. Систему розмітки і маркування ділянок встановлюють технічною документацією на контроль або прийомку зварних з'єднань. При радіографічному контролі слід використовувати маркувальні знаки, виготовлені з матеріалу, що забезпечує отримання їх чітких зображень на радіографічних знімках.

3. При радіографічному контролі слід використовувати джерела іонізуючого випромінювання, які передбачені технічною документацією на контроль. Тип радіоактивного джерела, напруга на рентгенівській трубці та енергія прискорених електронів повинні встановлюватися в залежності від товщини просвічує матеріалу.

4. При радіографічному контролі слід використовувати радіографічні плівки, що відповідають вимогам технічних умов на них. Тип радіографічної плівки повинен встановлюватися технічною документацією на контроль або

прийомку зварних з'єднань.

5. При радіографічному контролі необхідно використовувати підсилюючі металеві та флуоресцентні екрани. Тип підсилюючого екрану повинен встановлюватися технічною документацією на контроль або прийомку зварних з'єднань, в яких наведені товщина металевих підсилюючих екранів і способи зарядки плівки в касети з використанням екранів. Касети для зарядки плівки повинні бути світлонепроникними та забезпечувати щільний притиск підсилюючих екранів до плівки. Для захисту плівки від розсіяного випромінювання рекомендується екранувати касету з плівкою з боку, протилежного джерела випромінювання, свинцевими екранами.

6. При контролі на кожній ділянці повинні бути встановлені еталони чутливості і маркувальні знаки. Для визначення чутливості контролю слід застосовувати дротові, канавочні або пластинчасті еталони чутливості. Еталони чутливості слід встановлювати на контрольованій ділянці з боку, зверненої до джерела випромінювання. Еталони чутливості слід виготовляти з металу або сплаву, основа якого за хімічним складом аналогічна основі контрольованого зварного з'єднання. Форма і розміри еталонів чутливості вибирають відповідно до технічної документації на контроль. Маркування еталонів чутливості слід проводити свинцевими цифрами, де перша цифра маркування повинна позначати матеріал еталона, наступні (одна або дві цифри) – номер зразка. Для зварних виробів, призначених для експорту, можуть використовуватися інші типи еталонів чутливості, якщо це передбачено умовами експорту.

Список литературы:

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ.ред. В. В. Клюева. Т. 1: В 2 кн. Кн. 1: Ф. Р. Соснин. Визуальный и измерительный контроль. Кн. 2: Ф. Р. Соснин. Радиационный контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 560 с.

2. Рентгентехника: Справочник. В 2-х кн. / Под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с. (Кн. 1); 368 с (Кн. 2).

3. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.

4. ДСТУ EN 1435:2005. Неруйнівний контроль зварних з'єднань. Контроль зварних з'єднань, виконаних плавленням, радіографічний

5. Глоба С. Н. Рекомендуемая технология проведения радиографического контроля в лабораторных условиях / С. Н. Глоба, Э. Б. Тихона, Н. Ф. Хорло, В. Ю. Меланчук // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Х: НТУ "ХПІ", 2012. – № 40. – С. 47–56.

6. Глоба С. М. Рентгенографія промислових об'єктів / С. М. Глоба, Е. Б. Тихона // VI Внутрішньовузівська науково-практична студентська конференція магістрантів НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ". – 2012. – С. 34–35.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО МЕТОДУ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Глоба С. М., Лемішка А. А.

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю",
вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, sngloba@gmail.com,
http://web.kpi.kharkov.ua/pmknk/uk/globa_ukr/*

Особливістю розвитку електроенергетики на сучасному етапі є застосування останніх досягнень науки, сучасних технологій і матеріалів. Нові технології у виробництві, перетворенні й передачі електроенергії на основі широкого впровадження пристроїв на цифровій базі істотно підвищили надійність енергосистем. Однак, як і раніше, базовим елементом електроенергетики є силові трансформатори, об'ємною складовою частиною яких є трансформаторне масло. Трансформаторне масло - специфічний вуглеводородний продукт, на який покладені основні функції по ізоляції й теплосняття активних втрат у трансформаторі. Настільки суперечливі вимоги до трансформаторного масла вимагають особливої уваги й підходу до умов його експлуатації.

У процесі експлуатації рідкий діелектрик піддається впливу високої напруженості електричного й температурного полів, а також перебуває в безперервному контакті з конструктивними елементами трансформатора. Це прискорює старіння рідкого діелектрика, викликає зміну його фізико-хімічного складу, у результаті чого продукти старіння у свою чергу сприяють погіршенню його електроізоляційних властивостей. Неминуче старіння трансформаторного масла визначає надійність всієї електроенергетики в цілому, тому без модернізації методів контролю стану трансформаторного масла забезпечити безаварійну роботу електроенергетики неможливо [1].

У зв'язку із цим актуальним є розробка методів контролю трансформаторного масла для оцінки його експлуатаційних властивостей, визначення структурно-групового складу в умовах експлуатації й контролю процесів регенерації при ремонті трансформатора.

Стан трансформаторних масел оцінюють за результатами випробувань, які залежно від їхнього обсягу ділять на три види: випробування на електричну міцність (визначення пробивної напруги, змісту води й механічних домішок); скорочений аналіз (випробування на електричну міцність, визначення кислотного числа, змісту водорозчинних кислот, температури спалаху й кольору масла); повний аналіз (випробування в обсязі скороченого аналізу, визначення тангенса кута діелектричних втрат $\tan\delta$ - відносини активного струму витоку до ємнісного струму, натрової проби, стабільності проти окислювання, вологовмісту й механічних домішок).

У роботі використано електричний метод дослідження речовин [2]. Дослідження проводились із застосуванням чисельних методів і програм для ЕОМ, на підставі матеріалів, отриманих із натурних експериментів на зразках трансформаторних масел, що перебували в експлуатації або ремонті. Якщо до діелектрика прикласти змінну напругу, то поляризація його буде змінюватися зі зміною величини й знака цієї напруги. Якщо швидкість поляризації перевищує швидкість зміни знака напруги то при зміні знака напруги частина енергії, витрачена на поляризацію, вернеться до джерела енергії. Коли швидкість поляризації відстає від зміни знака напруги, частина енергії не вертається до джерела, а розсіюється в речовині у вигляді тепла.

Сумарна потужність втрат у діелектрику, що розсіюється при додатку до нього змінної напруги, називається діелектричними втратами.

Діелектричні втрати обумовлюють наявність активної складової струму I_a , що проходить через діелектрик, що служить причиною зрушення фаз між напругою й струмом, що відрізняється від 90° на кут δ (рис. 1).

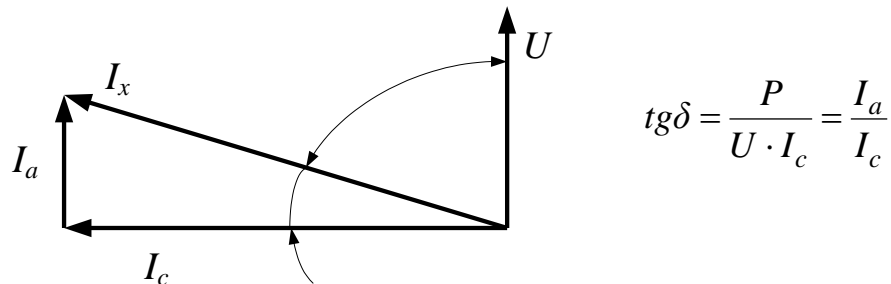


Рисунок 1 – Векторна діаграма струму та напруги

У роботі отримані залежності тангенса кута діелектричних втрат при 90°C трансформаторного масла від часу експлуатації трансформатора "Левада Т-1, Харківобленерго" [3].

За результатами багаторазових спостережень тангенса кута діелектричних втрат при температурі 90°C трансформаторного масла визначено найбільш достовірне значення вимірюваної фізичної величини і його довірчі границі, а також записано результат вимірів. Доведено, що результати вимірів розподілені по нормальному закону.

Список літератури:

1. Липштейн Р. А. Трансформаторное масло / Р. А. Липштейн, М. И. Шахнович.- М.: Энергоатомиздат, 1983. - 296 с.
2. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / Под ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1995. - 488 с.
3. Щапов П. Ф. Методи підвищення вірогідності контролю та діагностики стохастичних параметрів об'єктів різної фізичної природи: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук: 05.11.13 / П. Ф. Щапов. – Харків, 2009. – 312 с.

ОСНОВНІ ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ КАПІЛЯРНОГО КОНТРОЛЮ

Глоба С.М., Нахмедов С.Н.

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю",
вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, sngloba@gmail.com,
http://web.kpi.kharkov.ua/pmnk/uk/globa_ukr/*

Одними з найбільш розповсюдженими методами неруйнівного контролю поверхневих дефектів є методи капілярного контролю. Методи капілярного контролю дозволяють діагностувати об'єкти будь-яких розмірів і форм, які виготовлені з чорних і кольорових металів, сплавів, пластмас, а також інших твердих неферромагнітних матеріалів, які мають дуже складну форму та виконані з немагнітних матеріалів [1, 2]. Вибір сучасних наборів дефектоскопічних матеріалів є важливою умовою для забезпечення високої якості контролю промислових об'єктів на наявність поверхневих дефектів для забезпечення потрібної чутливості контролю.

Технологія проведення капілярного неруйнівного контролю є багатоопераційною, в якій немає маловажних процесів. Некваліфіковано виконаний процес виконання основних етапів технологічних операцій може звести нанівець всі зусилля оператора при здійсненні попередніх операцій та привести до того, що небезпечний дефект не буде виявлений. Тому, щоб досягти необхідний клас чутливості та виявити всі небезпечні дефекти, необхідно дотримуватися таких основних вимог щодо технології проведення капілярного неруйнівного контролю [2, 3]:

- використовувати атестовані набори дефектоскопічних матеріалів, що мають необхідну чутливість;
- дотримувати заданої технологічної послідовності операцій;
- атмосферні умови, що необхідні для правильного використання дефектоскопічних матеріалів й апаратури, повинні відповідати ТУ;
- шорсткість поверхні об'єктів контролю повинна відповідати вимогам набору дефектоскопічних матеріалів;
- забруднення з поверхні об'єктів контролю повинні бути вилучені, що забезпечить доступ пенетранта в порожнині дефектів;
- кваліфікація дефектоскопіста повинна відповідати проведеній їм роботі й підтверджуватися сертифікатом відповідній роботі рівня.

Технологічні режими операцій капілярного контролю встановлюють залежно від необхідного класу чутливості, використовуваного набору дефектоскопічних матеріалів, особливостей об'єкта контролю й типу дефектів, умов контролю та застосовуваної апаратури. Технологічні режими строго регламентуються ТУ, заводськими нормами, стандартами, а сам оператор відповідає за їхнє дотримання.



Рисунок 1 – Набір дефектоскопічних матеріалів NORD-TEST "HELLING"

На рисунку 1 представлені використаний в результаті теоретичних і експериментальних досліджень сучасний набір дефектоскопічних матеріалів NORD-TEST "HELLING" GMBH. За результатами накопиченого дослідження випускників нашої кафедри, які мають великий досвід і працюють фахівцями з неруйнівного контролю більше 10 років, саме широке застосування у лабораторних і польових умовах на практиці знайшли наступні сучасні набори дефектоскопічних матеріалів: "MR-CHEMIE" GMBH; "OVERCHECK" GMBH; NORD-TEST "HELLING" GMBH.

Таким чином, маючи високу чутливість, капілярні методи контролю не вимагають складних і дорогих технічних засобів, є зручними в переносці при розміщенні набору дефектоскопічних матеріалів у невеликому кейсі, технологія капілярного контролю порівняно проста та дефектоскопічні матеріали цілком доступні, а перевірка на наявність поверхневих дефектів у виробах складної геометричної форми показала широке застосування капілярних методів контролю в усіх галузях машинобудування [1, 2].

В результаті проведення наукових досліджень у лабораторних умовах було детально досліджено кольоровий та флуоресцентний капілярні методи контролю на конкретних зразках ОК, був проведений контроль із використанням сучасних наборів дефектоскопічних матеріалів та зроблені висновки щодо основних вимог по технології проведення контролю.

Список литературы:

1. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1995. – 488 с.
2. Глоба С. Н. Капиллярный неразрушающий контроль. Чувствительность и оценка результатов контроля: Учебн.-метод. пособие / С. Н. Глоба, Б. М. Горкунов. – Х: НТУ"ХПИ", 2005. – 72с.
3. Глоба С. Н. Контроль поверхностных дефектов деталей капиллярным цветным методом / С. Н. Глоба, Ю. В. Хомяк, С. П. Зубенко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Х: НТУ "ХП", 2008. – № 48. – С. 132–137

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ ЕЛЕКТРОНІВ НА ПРИСКОРЮВАЧІ ЛУ-10 ЗА ДОПОМОГОЮ ДОЗИМЕТРИЧНОГО КЛИНУ

Глоба С. М., Тітов Д. В.

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю",
вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, sngloba@gmail.com,
http://web.kpi.kharkov.ua/pmknk/uk/globa_ukr/*

До радіаційної обробки на ЛУ-10 входить спостереження за процесом стерилізації медичних виробів, а саме за процесом загрузки та вивантаження ящиків, роботою конвеєра, дозиметричного контролю, та параметрами лінійного прискорювача електронів (струм пучка, енергія, зона сканування, швидкість конвеєра та ін.)

Для високої якості стерилізації медичних виробів необхідно постійне спостереження за параметрами прискорювача та процесу стерилізації [1]. Основним таким параметром є енергія електронів. Дуже важливо контролювати саме цей параметр, тому що при малій енергії продукція буде не стерильна, а при великій енергії може бути зруйнована.

Одним з точних методів вимірювання енергії є метод дозиметричного клина. Він полягає в тому, щоби вимірювати енергію незалежно від напруги у мережі живлення. У залежності геометрії клина можливо вимірювати будь які енергії. Даний метод вимірювання має високу чутливість та точність. Також, даним методом вимірювання можна калібрувати інші методи вимірювання енергії.

Виходячи із стандарту ISO/ASTM 51649, енергію прискорювальних електронів можливо вимірювати за допомогою алюмінієвого клина та дозиметричної плівки (у нашому випадку використовувалась дозиметрична система В-3) [2]. Згідно зі міжнародними документами (ASTM E 1649-94) процес контролю за енергією електронного випромінювання має в собі три етапи:

1. Вимірювання глибинної залежності дози опромінення;
2. Визначення практичного пробігу електронів;
3. Визначення значень найбільш можливої енергії електронів.

Цей метод вимірювання енергії пучка електронів за допомогою клина заснований на поглинанні та розсіюванні електронів. Реалізація даного метода полягає в вимірюванні пробігу електронів в алюмінієвому дозиметричному клині.

На практиці радіаційно-технологічних центрів для дозиметрії електронного опромінення задача контролю такого параметра як найбільш вірогідна енергія, вирішується за допомогою спеціальних дозиметричних приладів та обчислювальних методів обробки результатів вимірювання. Прилади для дозиметрії та методи обробки результатів вимірювання визначені у ряді міжнародних документів ASTM E 1649-94 и ICRU Report 35.

До дозиметричних приладів відносяться:

1. Пакет (стек) дозиметричних плівок поділених шарами якого небудь матеріалу.
2. Смужка дозиметричної плівки в дозиметричному клині (рис.1).

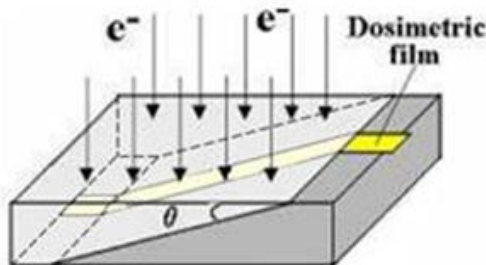


Рисунок 1 – Смужка дозиметричної плівки в клині

Згідно з міжнародним документом (ICRU Report 35, ASTM E 1649-94) процедура контролю енергії електронного опромінення с використанням указанного вище дозиметра містить три етапи:

1. Вимірювання глибинної залежності дози опромінення.
2. Визначення практичного пробігу електронів за результатами вимірювань.
3. Визначення значення найбільш вірогідною енергії електронів в E_p пучку за величиною R_p на основі емпіричних співвідношень, отриманих для набору стандартних матеріалів.

Після цих трьох етапів можливо визначити енергію електронів.

Таким чином, маючи високу чутливість, не дуже складне використання, та високу точність вимірювання, можливо не тільки вимірювати енергію електронів у промисловому напрямку, але і використовувати при калібруванні інших методів вимірювання енергії.

В результаті проведення наукових досліджень у лабораторії прискорювача ЛУ-10 були детально дослідженні методи вимірювання енергії електронів, методи вимірювання дозиметричної плівки та проведено розрахунок енергії електронів за допомогою дозиметричного клина.

Список литературы:

1. Уваров В. Л. Разработка метода "Радиационной тени" для мониторинга режима стерилизации продукции пучком электронов / В. Л. Уваров, Р. И. Ромацалюк, С. А. Ванжа// Вопросы атомной науки и техники. – Х: ННЦ "ХФТИ", 2010. – № 2. – С. 150–153.
3. Титов Д. В. Метод измерения поглощенной дозы при обработке продукции на линейном ускорителе электронов /Д. В. Титов, Е. Л. Ноздрачёва, В. А. Шевченко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Х: НТУ "ХПІ", 2014. – № 19 (1062). – С. 58–64.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ С НЕПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТО-АКУСТИЧЕСКИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Мигущенко Р. П.¹⁾, Сучков Г. М.¹⁾, Петрищев О. Н.²⁾, Познякова М. Е.¹⁾, Тосхопаран В. В.¹⁾,

¹⁾ *Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт»,
ул. Фрунзе, 21, Харьков, 61002, Украина*

²⁾ *Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт», пр. Победы, 37, Киев, 03056, Украина*

Как известно, дефекты под слоем окалины и загрязнений обнаруживаются неэффективно, требуются значительные затраты расходных материалов и специальная подготовка поверхности, необходимо много времени для обеспечения контроля изделий по всей площади. Использование электромагнитно-акустических преобразователей (ЭМАП) позволяет повысить производительность и достоверность контроля [1], но возникает вопрос недостаточной чувствительностью [2]. Таким образом, перед нами стоит задача по разработке новых средств высокопроизводительного контроля с изменяемой формой поверхности.

Для выполнения исследований был разработан и изготовлен стенд, блок-схема которого показана на рис.1.

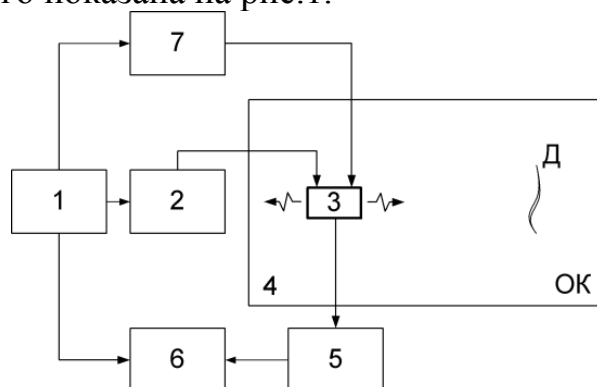


Рисунок 1- Блок-схема экспериментального стенда:

1 - задающий генератор (ЗГ); 2 - генератором зондирующих импульсов (ГЗИ); 3 - электромагнитно-акустический преобразователь (ЭМАП); 4 - объект контроля (ОК); 5 - малошумящий предварительный усилитель (ПУ); 6 – осциллограф; 7 -источник магнитного поля.

Объектом для исследований служили образцы, изготовленные из листов (для сравнения), труб, заготовок для железнодорожных осей.

На первом этапе исследована дальность распространения волн Рэлея на не зачищенных поверхностях изделий в состоянии после прокатки и после эксплуатации на частотах в диапазоне 0,2...1 МГц. Использовано

раздельное включение излучающей и приемной частей ЭМАП. Установлено, что сигнал, достаточный по амплитуде для оценки качества поверхности, принимается на расстояниях до 3...5 м как на плоской поверхности (лист со ржавой поверхностью), так и на поверхности с кривизной (муфта обсадной трубы). То есть, при каждом зондировании ультразвуковым импульсом можно контролировать значительную площадь ОК, повышая тем самым производительность неразрушающего контроля.

На втором этапе исследована выявляемость поверхностных дефектов на различных ОК.

Были собраны различные стенды. Первый стенд для ультразвукового контроля в применении к листовому прокату толщиной 30 мм. В исследованиях использована пониженная частота ультразвуковых импульсов (частота в пакете импульсов возбуждения равна 300 кГц), так как поверхность листа была поражена коррозией. Стенд для ультразвукового контроля в применении к участку обсадной трубы с муфтой бывшей в эксплуатации. Особенно эффективен стенд для ультразвукового контроля в применении к изделиям, имеющим развитую площадь с различной кривизной (выпуклой и вогнутой), например головки рельса. Во всех случаях проведения исследований поверхность изделий не зачищалась от окислов, ржавчины, грязи.

Анализ приведенных экспериментальных результатов подтверждает высокие возможности по выявлению на плоской, выпуклой и вогнутой поверхностях катанных ферромагнитных металлоизделий дефектов глубиной более 0,35 мм, расположенных на расстояниях от ЭМАП до 1 м и более.

Можно сделать вывод, что использование ЭМА способа возбуждения и приема поверхностных волн Рэлея при дефектоскопии поверхности листов, труб, заготовок, рельсов и аналогичных изделий позволяет, по сравнению с традиционным контактным методом, исключить затраты на контактную жидкость, зачистку поверхности перед проведением контроля, экономить энергию, металл и инструменты. В работе экспериментально показано, что использование ЭМАП позволяет выполнять высокопроизводительное обнаружение дефектов по всей поверхности изделия на значительных расстояниях от преобразователя.

Список литературы

1. Теория и практика электромагнитно-акустического контроля. Ч.5. Особенности конструирования и практического применения ЭМА устройств ультразвукового контроля изделий: монография / Мигущенко Р.П., Сучков Г.М., Петрищев О.Н., Десятниченко А.В. – Х.: ТОВ «Планета – принт», 2016. – 230 с.

2. Ермолов И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля. - М: Машиностроение, 1981. – 240 с.

ОБНАРУЖЕНИЕ ИМПУЛЬСАМИ ВОЛН РЕЛЕЯ НЕСПЛОШНОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ, ИМЕЮЩИХ СЛОЖНУЮ ФОРМУ

Плеснецов С.Ю., Сучков Г.М., Митин А.В.

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт», e-mail: rastrelly@gmail.com*

Поверхностные волны Релея используются в области неразрушающего ультразвукового контроля (УЗК) изделий [1] достаточно давно. Они имеют преимущество, обусловленное относительно небольшим ослаблением при их распространении по поверхности материала, в том числе имеющие криволинейную форму. Это позволяет осуществлять высокопроизводительный контроль.

Для возбуждения и приема импульсов волн Релея, традиционно применяли пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП). Для эффективной работы ПЭП, для передачи ультразвуковых импульсов к объекту контроля (ОК) и обратно, необходимо применять контактную жидкость. Ее применение необходимо, но приводит к существенному недостатку. Наличие капель контактной жидкости на поверхности ОК приводит к появлению ложных отраженных сигналов, что, соответственно, может привести к ложной браковке изделия.

Исключить указанный недостаток возможно за счет применения бесконтактных способов возбуждения и приема ультразвуковых импульсов, среди которых наиболее разработанным и применяемым является

электромагнитно-акустический (ЭМА) [2]. Принцип работы ЭМАП для возбуждения и приема

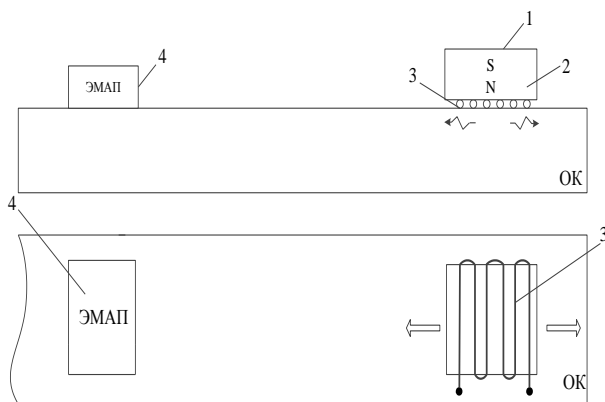


Рисунок 1 – Схема, поясняющая принцип работы ЭМА способа возбуждения и приема импульсов

импульсов волн Релея поясняется рис.1. Основу возбуждающей части преобразователя 1 составляет магнит 2 и плоская катушка 3 индуктивности намотанная зигзагообразно так, что соседние витки расположены на расстоянии равном половине длины ультразвуковой поверхностной волны. Катушка 3 питается импульсами тока в виде пакета с заполнением несколькими периодами высокой частоты. В поверхностном слое объекта контроля (ОК) формируется вихревой ток с конфигурацией, повторяющей форму катушки 3. На этот же поверхностный слой ОК действует

магнитное поляризующее поле источника 2, область действия которого околнурена черточками. На сформированный поток электронов воздействует сила Лоренца, импульсы которых передаются кристаллической решетке металла. В результате под каждым витком катушки 3 в поверхностном слое ОК происходит сложение амплитуд механических колебаний кристаллической решетки металла и вдоль поверхности в двух взаимно противоположных направлениях распространяются импульсы волны Рэлея (на рис. 1 показано стрелками) с частотой, совпадающей с частотой возбуждающего высокочастотного тока в катушке 3.

Прием импульсов поверхностных волн осуществляется ЭМАП аналогичным по конструкции с возбуждающим преобразователем или тем

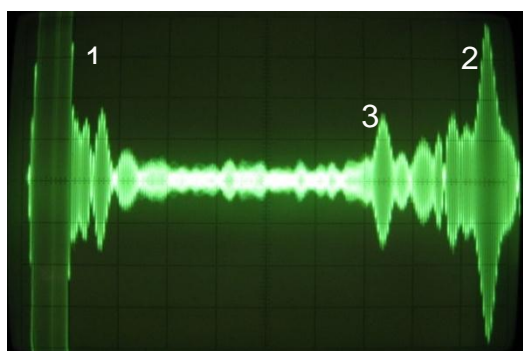


Рисунок 2 – Временная развертка: 1 – зондирующий сигнал, 2 – сигнал, отраженный от кромки изделия, 3 – сигнал, отраженный дефектом

же преобразователем с использованием электрической схемы включения проводников катушки, приведенной в работах [2-3]. При этом под каждым проводником высокочастотной катушки приемного преобразователя кристаллическая решетка колеблется в магнитном поле в противофазе для данной длины волны ультразвуковых колебаний. В результате амплитуды принятых импульсов складываются (только для возбужденной частоты ультразвука).

Экспериментальные исследования возможностей применения волн Релея показали, что они успешно обнаруживают дефекты поверхности в виде трещин, рис.2.

Список литературы:

1. Ермолов И.Н. Неразрушающий контроль: Справочник: в 7 т. [текст]/ Под ред. В.В. Клюева. Т.3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – Москва: Машиностроение, 2004. – 864 с.
2. Сучков Г.М Теория и практика электромагнитно-акустического контроля. Часть 4. Экспериментальные исследования возможностей ультразвукового контроля ЭМА способом: монография [текст]/ Сучков Г.М., Петрищев О.Н., Глоба С.М. – Х: Щедра садиба плюс, 2015 – 104 с.
3. Мигущенко Р.П. Теория и практика электромагнитно-акустического контроля. Часть 5. Особенности конструирования и практического применения ЭМА устройств ультразвукового контроля металлоизделий: монография [текст]/ Мигущенко Р.П., Сучков Г.М., Петрищев О.Н., Десятниченко А.В. – Х: ТОВ «Планета-принт», 2016 – 230

АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТОКІВ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ

Сіренко М.М., Бабкіна К.О., Яковлюк М.С.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю", вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, sirnn2@gmail.com

Основну частину природного горючого газу складає метан, концентрація якого становить від 70 до 98 %. До його складу можуть також входити більш важкі вуглеводні, які є гомологами метану (етан, пропан, бутан). Природний газ широко застосовується в якості пального для опалення, підігріву води та приготування їжі; як паливо для машин, котелень, ТЕЦ; використовується в хімічній промисловості як сировина для виробництва органічних речовин тощо [1].

Витоки горючого газу з продуктопроводів мають три негативні складові – економічну, екологічну і вибухонебезпечність. Втрати газу під час його транспортування магістральними та комунальним газотранспортних систем сягають 0,7% [2].

При попаданні в повітряний басейн метан не чинить на організм людини прямого шкідливого впливу. Однак, метан є одним з так званих «парникових газів» і його питомий негативний вплив на формування клімату планети у 21 раз перевищує вплив CO₂. Кіотським протоколом передбачена необхідність зменшення викидів парникових газів [1].

Накопичуючись в закритому приміщенні, метан стає вибухонебезпечним. Збагачення одорантами робиться для того, щоб людина вчасно помітила витік газу. На промислових виробництвах цю роль виконують газові сенсори. Гранично допустима концентрація (ГДК) вмісту метану у повітрі робочої зони складає 7000 мг/м³.

В роботі проаналізовані переваги та недоліки, а також сфери застосування сучасних інструментальних методів виявлення витоків горючих газів аналітичними сенсорами, в яких реакція взаємодії контрольованого газу з чутливим елементом перетворюється в електричний сигнал. Серед основних груп методів і сенсорів виявлення витоків горючих газів виділяються електрохімічні, термокаталітичні, оптичні інфрачервоні, термокондуктометричні, напівпровідникові, плазмової іонізації. Рідше застосовуються методи тепловізійний, фотоакустичний, ізотопних індикаторів газу.

Електрохімічні сенсори дозволяють виявляти і аналізувати широкий спектр газів, мають високу чутливість і досить маленькі габарити. Недоліками є необхідність роботи в середовищах з наявністю кисню, обмежений термін служби (до 5 років), вимагають періодичного калібрування та правильного розміщення.

Термокаталітичні датчики мають мініатюрне виконання, високу чутливість і селективність. Недоліками є необхідність роботи в повітряному середовищі, можливість різкого зниження чутливості аж до технічної відмови при «отруєнні» сенсора свинцем, хлором і кремнійорганічними сполуками. Покази цих перетворювачів критичні до способу і місця їх розташування в зоні контролю.

Серед великої різноманітності оптичних аналітичних методів виділяються інфрачервоні методи. ІК сенсори завдяки перевагам оптичного методу аналізу не мають прихованих ознак можливих відмов, як електрохімічні та термокаталітичні датчики.

Точковий інфрачервоний метод менш чутливий до помилок при калібруванні, може використовуватися в інертних середовищах. Але метод застосовується для вимірювання концентрації горючих газів, які потім повинні збігатися зі значеннями порогів займистості газів. Також датчики мають критичне позиціонування, вимагають додаткового живлення.

Інфрачервоні датчики з відкритим оптичним трактом не критичні до позиціонування в зоні контролю, мають високу чутливість, виявляють широкий спектр горючих газів. Недоліками їх є висока вартість і обмеженість застосування в обмежених зонах контролю.

Напівпровідникові сенсори мають обмежену селективність, але забезпечують тривалу роботу сенсора в режимі, що не обслуговується, прості, порівняно дешеві і мініатюрні, мають високу швидкодію і чутливість, високу технологічність виготовлення і низьку вартість.

Всі розглянуті датчики можуть застосовуватися як для стаціонарних, так і переносних приладів, що значно розширює область їх використання.

Метод плазмового іонізації реалізується в датчиках FDI, що є первинними перетворювачами мас-спектрометрів. Вони мають високу чутливість до широкого ряду контрольованих вуглеводнів. Але метод використовується в основному в лабораторних дослідженнях.

Тепловізійний і фотоакустичний методи, а також метод ізотопних індикаторів газу застосовуються в основному для виявлення витоків у магістральних газопроводах.

Проведений аналіз дозволяє вибрати групи методів і засобів аналітичного контролю для вирішення конкретних завдань екологічного моніторингу як атмосфери, так і безпеки виробничих приміщень.

Список літератури:

1. Купаев В.И., Калачев О.А., Семин А.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. Учебное пособие. -М.: РГОТУПС, 2003.- 222 с.
2. Сідак В.С., Супонев В.Н. До питання про проблеми безпеки у газопостачанні // Науково-виробничий журнал «Охорона праці». – 2009. - №1 – с.39-41.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКРАНИРОВАННОГО ОРТОГОНАЛЬНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Слободчук А. Ю., Глоба С. М., Хомяк Ю. В.

*Национальный технический университет "Харьковский
политехнический институт", кафедра "Приборы и методы
неразрушающего контроля",*

*ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, slobodchuk_ay@mail.ru,
sngloba@gmail.com, homyak.yv@gmail.com*

Контроль качества выпускаемой продукции для изделий из металла, которые являются узлами и звеньями ответственных промышленных объектов, всегда является обязательным гарантом выпуска качественной продукции в соответствии с требованиями и нормативной документации. Для качественной оценки таких объектов применяются методы и средства неразрушающие контроля (НК) [1–2].

С целью уменьшения нежелательного влияния конструктивных особенностей ОК был разработан накладной экранированный ортогональный ВТП, конструкция которого представлена на рис. 1.

Применение электромагнитного экрана позволяет существенно уменьшить влияние указанных конструктивных элементов ОК. Как показали исследования, для экранированных ортогональных ВТП также характерно уменьшение краевого эффекта.

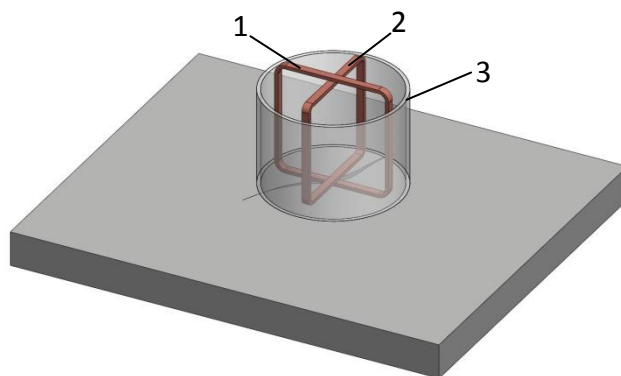


Рисунок 1 – Конструкция экранированного ортогонального ВТП:
1 – возбуждающая обмотка; 2 – измерительная обмотка; 3 – экран.

Была исследована зависимость выходного сигнала ВТП от координаты перемещения x по поверхности ОК.

Измерения были проведены при частоте возбуждающего тока 100 кГц. Эксперименты проводились на плоском образце из углеродистой стали с искусственным дефектом в виде паза, выполненного электроэрозионным способом. Дефект имел следующие параметры: протяженность – 100 мм, раскрытие – 0,4 мм, глубина – 3 мм.

На рис. 2 приведены зависимости сигнала ВТП от координаты x , полученные на плоском образце с искусственными дефектами. Максимальное значение амплитуды сигнала достигается непосредственно над центром дефекта.

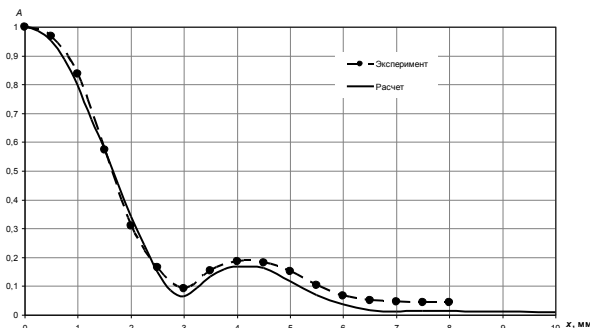


Рисунок 2 – Зависимости сигнала ВТП от x , полученные на плоском образце ОК с искусственными дефектами

Применение экрана в конструкции ортогонального вихретокового преобразователя дало возможность повысить достоверность обнаружения дефекта за счет расширения зоны чувствительности, что подтверждено математическим и имитационным моделированием; уменьшить влияние конструктивных особенностей объекта контроля.

Список литературы

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ.ред. В. В. Клюева. Т. 2: В 2 кн. Кн 2: Вихретоковый контроль. – М.: Машиностроение, 2006. – 688 с.
2. Клюев В. В. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, А. В. Ковалев и др.; Под ред. В. В. Клюева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.
3. Пат. 55471 U (Україна), МПК (2009) G01N 27/90. Накладний вихорострумівий перетворювач для неруйнівного контролю / Г. М. Сучков, Ю. В. Хомяк; Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут" (UA). – № u201008320; заяв. 05.07.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23.
4. Сучков Г. М. Развитие возможностей вихретоковой дефектоскопии / Г. М. Сучков, Ю. В. Хомяк // Методи та прилади контролю якості. – 2006. – № 17. – С. 3–7.
5. Сучков Г. М. Повышение возможностей вихретокового контроля поверхности непрерывно литых слэбов из ферромагнитных сталей / Г. М. Сучков, Ю. В. Хомяк. // Дефектоскопия. – Екатеринбург. – 2013. – № 1. – с.78-83

УСТАТКОВИНА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРОТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДАТЧИКІВ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ

Смолін Ю.О., Константинов О.А., Рахмонов Р.Х.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе 21, Україна, 61002.

Лабораторні дослідження суттєво відрізняються від інших видів і типів випробувань та досліджень, таких як заводські, серійні та ін., в першу чергу обладнанням для проведення досліджень та програмою їх проведення. Не є виключенням проведення наукових досліджень в лабораторних умовах, які необхідно проводити в процесі підготовки сучасного спеціаліста у вищій школі, з метою формування у нього відповідних навичок і умінь. Для отримання таких навичок майбутніми фахівцями в галузі систем контролю та діагностики необхідно мати спеціальне обладнання для проведення науко-дослідницької роботи в лабораторних умовах з дослідження параметрів і характеристик сучасних датчиків.

Таке обладнання в процесі проведення наукових досліджень повинне задовольняти вимогам, що витікають із змісту навчальних дисциплін, присвячених основам науково-дослідницької роботи, а саме:

- проведення класичного експерименту;
- проведення факторних експериментів (двох- та трьохфакторних);
- проведення рандомізації операцій вимірювання;
- проведення кількості вимірювань необхідних для статистичної обробки результатів.

Структурна схема пропонованої устатковини для проведення досліджень датчиків частоти обертання, яка задовольняє переліченим вимогам, наведена на рисунку 1.

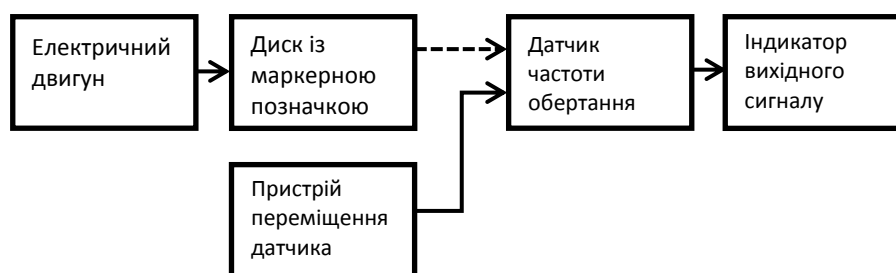


Рисунок 1. Структурна схема лабораторної устатковини.

Конструктивно така устатковина представляє собою підмурок, на якому розташовані всі блоки. На валу електродвигуна закріплено диск із діелектричного матеріалу, до якого кріпляться маркерна позначка (одна з комплекту). До всього комплекту маркерних позначок надходять позначки вироблені з різного металу, різної товщини та форми. На підмурку також розташовані датчик частоти

обертання, який закріплено у спеціальному затискачу, а також пристрій переміщення датчика, який забезпечує різну відстань ΔX між торчаком датчика і маркерною позначкою. Індикатор вихідного сигналу, в якості якого можна використовувати осцилограф, який фіксує наявність або відсутність вихідного сигналу датчика. Така устатковина дозволяє забезпечувати в процесі досліджень зміну ряду параметрів, від яких залежить надійне спрацювання датчика, в тому числі:

- відстань між торчаком датчика і маркерною позначкою, ΔX ;
- матеріал, з якого виготовлена маркерна позначка, M ;
- товщину (масу) маркерної позначки, T .

Наявність такої кількості змінних факторів дозволяє складати як класичні, так і факторні плани проведення експериментів. При цьому можна користуватися робочими формулами двох типів [1].

Перший тип характеризується мовою, коли залежна змінна (результат R) є сумою функції від незалежних змінних. Цей випадок виражається загальною формулою

$$R = f_1(x) + f_2(y) + f_3(z), \quad (1)$$

де f_1, f_2, f_3 є функціями будь-якої складності.

Загальне співвідношення другого типу, яке допускає застосування факторних планів, зустрічається набагато частіше і є добутком окремих функцій незалежних змінних

$$R = f_1(x) \cdot f_2(y) \cdot f_3(z). \quad (2)$$

Приклад побудови план-матриці в загальному виді, для проведення двофакторного експерименту з дослідження відстані включення датчика ΔX від матеріалу і товщини маркерної позначки, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. План-матриця двофакторного експерименту в загальному виді.

Основні фактори	Фактори підгруп				
M1	T1	T2		T_{n-1}	T_n
M2	T1	T2		T_{n-1}	T_n
...	...				
MN	T1	T2		T_{n-1}	T_n

Подальшу рандомізацію проведення експерименту можна проводити за будь-яким обраним законом.

За рахунок того, що конструкція устатковини досить проста, надійна і має добру керованість, кількість вимірювань при проведенні кожного дослідження необмежена. Це дозволяє отримувати масиви даних і проводити статистичну обробку отриманих результатів.

Список літератури

1. Артюх С.Ф.- Основи наукових досліджень/С.Ф. Артюх, І.Я. Лізан, І.В. Голопоров, Н.А. Несторук.- Харків: УІПА, 2006.-278с.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Тищенко А. А.¹⁾, Провандовский В. Л.²⁾, Киданов А. С.³⁾

¹⁾ *Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", кафедра "Приборы и методы неразрушающего контроля", к.т.н., ст. преподаватель кафедры, ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, anta3101@gmail.com;*

²⁾ *НТУ "ХПИ", кафедра "Приборы и методы неразрушающего контроля", магистр кафедры, ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002;*

³⁾ *НТУ "ХПИ", кафедра "Приборы и методы неразрушающего контроля", магистр кафедры, ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002*

Контроль параметров металлических изделий является одной из важнейших функций в процессе управления качеством, которая заключается в проведении измерений, испытаний, экспертизы, оценки характеристик объекта контроля и в дальнейшем сравнении полученных результатов с установленными требованиями и нормами для определения соответствия по каждой из данных характеристик.

Основными параметрами, несущими информацию о состоянии кристаллической структуры проводящего материала, являются относительная магнитная проницаемость μ и удельная электрическая проводимость σ . По их величинам судят о химическом составе материалов (степень чистоты материалов), о прочностных свойствах и степени механической деформации, о магнитном и электрическом сопротивлении материалов. Для контроля данных параметров широко применяется электромагнитный метод неразрушающего контроля, который основан на взаимодействии внешнего по отношению к изделию электромагнитного поля с индуцированными в материале изделия вихревыми токами. Теоретической основой электромагнитного контроля является наличие корреляционных связей между электрическими характеристиками объектов и их химическим составом или структурным состоянием [1]. Поэтому на основании измерений электромагнитных параметров возможно контролировать структуру, однородность химического состава, механические свойства материала и т. п. Электромагнитный метод является весьма перспективным, т.к. обладает большим количеством преимуществ: бесконтактность, высокая надежность, автоматизация процесса контроля, слабая зависимость выходных сигналов электромагнитных преобразователей от внешних климатических факторов и т.д. [2, 3].

В настоящее время особый практический интерес представляет развитие многопараметровых методов измерений, которые позволяют получать наиболее полную информацию об исследуемом объекте. Практический интерес представляет использование электромагнитных преобразователей с пространственно-периодическими полями [4],

основное достоинство которых состоит в том, что при работе на одной фиксированной частоте они позволяют осуществлять многопараметровый контроль за счет использования определенного числа отдельных пространственных гармоник зондирующего поля.

В работе [4] описан метод для выделения требуемых и подавления мешающих пространственных гармоник, который основан на введении специальных нормированных параметров преобразователя. При построении универсальных функциональных зависимостей этих параметров от характеристик изделия и установлении определенного порядка выполнения измерительных и расчетных операций, можно существенно упростить реализацию метода одновременного измерения относительной магнитной проницаемости μ_r , удельной электрической проводимости σ и радиуса a цилиндрических изделий.

Измерение μ_r и σ позволяет осуществлять обработку оптимальной технологии, выбор материала по заданным свойствам с точки зрения изготовления продукции высокого качества. Кроме этого, по μ_r и σ можно определить электрические потери в материалах токопроводов и магнитопроводов, работающих на переменном токе, а также температуру проводящих изделий, поскольку информативные параметры μ_r и σ являются термозависимыми. Таким образом, усовершенствование методов измерения μ_r и σ , разработка и создание новых многопараметровых автоматизированных измерительных устройств является весьма актуальной задачей, которая интенсивно решается во многих отечественных и зарубежных научно-исследовательских институтах и лабораториях.

Список литературы

1. В.С. Чернов. Контроль термообработки литейных алюминиевых сплавов по электропроводности на Заволжском моторном заводе // В мире НК. – 2009. – № 1. С. 32-34.
2. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. Ред. В.В. Клюева. Т.2: В 2 кн.-М.: Машиностроение, 2003.-688.
3. Патон Б.Е. Неразрушающий контроль качества в Украине / Б.Е. Патон, В.А. Троицкий, Ю.Н. Посыпайко // Неруйнівний контроль та технічна діагностика – 2003: наук.-техн. конф., 19 – 23 травня 2003р.: матер. конф. – К.: 2003. – С. 11–14.
4. Горкунов Б. М., Львов С. Г., Горкунова И. Б., Шахин И.Х. Многопараметровый электромагнитный метод контроля цилиндрических токопроводов. Энергосбережение Энергетика Энергоаудит, Спец. выпуск. – Харьков: Т. 2, № 8 (114), 2013. – С. 140-144.

НАЛАШТУВАННЯ АВК ТА РЕАЛІЗАЦІЯ АВД-ДІАГРАМ В УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ДЕФЕКТОСКОПІ USE-55 PRO

Хом'як Ю.В.¹⁾, Крамаренко Д.С.²⁾, Демченко О. Ю.³⁾

¹⁾ *Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю", к.т.н., доц., доцент кафедри, вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, homyak.yv@gmail.com, <http://web.kpi.kharkov.ua/pmnk> ;*

²⁾ *НТУ "ХПІ", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю", магістр кафедри, вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002;*

³⁾ *НТУ "ХПІ", кафедра "Прилади і методи неруйнівного контролю", магістр кафедри, вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002;*

Актуальність дослідження. При практичному застосуванні ультразвукових дефектоскопів важливим параметром є значення відношення сигнал-завада. Окрім амплітуди корисного сигналу з п'єзоелектричного перетворювача характеристика обумовлена індустриальними електромагнітними завадами, характеристиками схем виміру, втратами в кабелі, що поєднує датчик і прилад. Тому обґрунтування ультразвукового методу контролю та засобів його реалізації, які забезпечують виявлення та визначення характеристик дефектів є актуальною науково-практичною задачею.

Основна частина. Крива АВК використовується для побудови графіка зміни амплітуди луна-сигналів від відбивачів однакового розміру, розташованих на різній відстані від перетворювача. Крива АВК графічно робить поправку на загасання в матеріалі, ефекти ближнього поля і розсіювання променя. У налаштуванні АВК, амплітуда луна-сигналів, що виходять від відбивачів такого ж розміру як при калібрування, буде відповідати висоті кривої, незалежно від глибини або відстані.

Крива АВК зазвичай конфігуруються з використанням серії опорних відбивачів заданого розміру, розташованих на різній глибині. Ці відбивачі включені в калібрувальні разки відстані / амплітуди, або можуть бути створені оператором.

АВД - діаграми використовуються для виміру еквівалентного розміру дефекту.

На узагальнених діаграмах (рис. 1.1) по осі абсцис відкладено відстань між ПЕП і відбивачем. По осі ординат відкладена амплітуда (ослаблення, посилення) сигналу в негативних децибелах

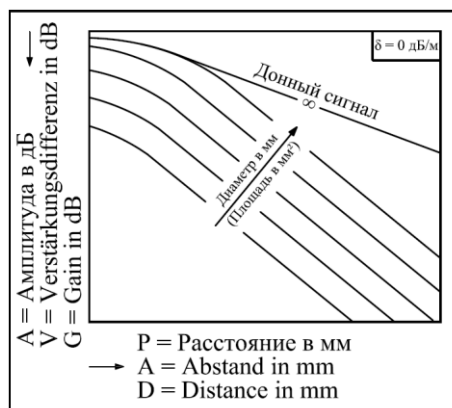


Рисунок 1.1 – АВД-діаграма без урахування загасання ультразвуку

На поле АВД-діаграми нанесена серія кривих, кожна з них відповідає своєму діаметру (або площі) еквівалентного відбивача. Сама верхня крива відповідає донному сигналу.

Робочу АВД-діаграму будують для конкретних параметрів контролю: матеріалу виробу, частоти пружних коливань, діаметра (розмірів) перетворювача, кута введення променя.

АВД-діаграми будують наступним чином:

- 1) розрахунок за формулами акустичного тракту;
- 2) експериментальний метод: дослідження зразка, виготовленого з матеріалу контрольованого об'єкта, з безліччю отворів, різних діаметрів, розташованих на різній глибині.

Висновки. В даній роботі за основний напрям була обрана реалізація АВД та АВК діаграм за допомогою сучасного ультразвукового дефектоскопу USE-55 PRO, що дозволяє оцінити еквівалентні розміри.

Ультразвукова дефектоскопія має широке застосування при контролі зварних з'єднань. Особливістю даного метода, є те, що його можна проводити для різних матеріалів, як металів, так і неметалів. Ультразвуковий метод неруйнівного контролю має невисоку вартість та характеризується високою швидкістю досліджень.

Список літератури

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В. В. Клюева. Т. 4: В 3 кн. Кн. 3: М. В. Филинов.
2. <http://ukrintech.com.ua/produktsiya/nerazrushayushchij-kontrol-materialov/defektoskopy/item/84-ultrazvukovoj-defektoskop-use-55>
3. Методичні вказівки. Розрахунок еквівалентної площі та еквівалентних розмірів відбивачів в ультразвуковому контролі виробів/к.ф. - м.н Бархатов В.А - Єкатеринбург, 2009.
4. http://www.defectoscop.ru/index.php?show_aux_page=63

СЕКЦІЯ 4. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ **І СИСТЕМИ**

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Балев В.Н.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Виртуальные средства измерений, несмотря на свою “виртуальность”, имеют в своем составе существенную материальную составляющую, без которой невозможно реализовать виртуальное средство измерений реальных физических сигналов. Выбор элементной базы виртуальных средств измерений во многом определяет возможности виртуальных средств измерений и их стоимость.

Структурно виртуальное средство измерения можно представить из связки трёх взаимодополняющих друг друга составляющих, представленных на рисунке 1.



Рисунок 1– Упрощенная структура виртуального средства измерения

На рис.1 используются следующие сокращения:

СПЭНФВ – средства преобразования электрических и неэлектрических физических величин в аналоговые или цифровые электрические сигналы (первичные и вторичные измерительные преобразователи, нормирующие преобразователи и т.д.);

СПАС – средства преобразования аналоговых сигналов в цифровые и, при необходимости, первичной обработки, накопления, преобразования к форматам удобным для передачи на необходимое расстояние с целью дальнейшей обработки, документирования и визуализации;

ССОПВИИ – средства сбора, обработки, преобразования и визуализации измерительной информации в вычислительных средствах.

Первая составляющая виртуального средства измерения традиционно реализуется с использованием широкой номенклатуры измерительных преобразователей серийно выпускаемых отечественными и зарубежными производителями, характеристики которых постоянно улучшаются – уменьшаются габариты и потребляемая мощность, повышается точность преобразования, во многих случаях выходной сигнал преобразователя может быть в виде цифрового кода.

Для реализации третьей составляющей виртуального средства измерения сотрудники и студенты нашей кафедры плодотворно работают со средой разработки виртуальных средств измерений Labview фирмы National Instruments и применяют их в своих проектах и исследованиях.

При выполнении курсовых и дипломных проектов многие студенты проводят разработку опытных экземпляров измерительных устройств и элементов измерительных систем, и во многом, основные сложности возникают при реализации средств преобразования аналоговой информации и последующей передачи ее в вычислительные средства.

Реализацию второй составляющей виртуального средства измерения, естественно, хотелось бы осуществить с использованием многофункциональных устройств сбора данных (DAQ) выпускаемых как National Instruments, так и другими производителями, с учетом того, что в Labview уже имеется встроенная поддержка этих устройств. Однако, это желание трудно реализовать из-за дороговизны таких устройств, например NI USB6501 (24 цифровых входа/выхода) стоит 121\$, NI USB6000 (4 цифровых входа/выхода, 8 10-битных входов ввода аналоговой информации) стоит 182\$, NI USB6009 (12 цифровых входов/выходов, 8 12-битных входов ввода аналоговой информации, 2 12-битных выхода вывода аналоговой информации) стоит 304\$.

На этапе курсового и дипломного проектирования аппаратная часть виртуального средства измерения может выполняться с использованием лабораторного стенда АТБ-1, разработка кафедры информационно-измерительных технологий и систем НТУ «ХПИ», или многоцелевого программно-отладочный стенда «AVR – микролаб», разработка НТУ «ХПИ». Такой вариант предполагает работу студента с этими аппаратными средствами только в университете. Альтернативой этому варианту может быть использование платформы Arduino.

Arduino - аппаратно-программные средства для построения простых систем автоматики и робототехники. Программная часть Arduino состоит из бесплатной программной оболочки для написания программ. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат.

В устройствах Arduino в основном применяются микроконтроллеры Atmel AVR, например, ATmega328, ATmega2560, с частотой тактирования 16 или 8 МГц. Порты ввода-вывода микроконтроллеров оформлены в виде штыревых линеек. Программисту доступны некоторые специальные возможности портов ввода-вывода микроконтроллеров, например широтно-импульсная модуляция, аналогово-цифровой преобразователь, интерфейсы UART, SPI, I2C. Количество и возможности портов ввода-вывода определяются конкретным вариантом микропроцессорной платы.

Стоимость модулей Arduino в Украине 200 -350 гривен обеспечивает их доступность для студентов, а высокая степень готовности позволяет быстро собрать прототип проектируемого устройства и проверить работоспособность разработанных алгоритмов и отладить их, а широкая гамма модулей для Arduino разнообразить области их применения.

АСУ ТП ВИРОБНИЦТВА ЦЕМЕНТУ ЗА СУХИМ СПОСОБОМ

Борисенко Є.А.¹⁾, Жук С.С.²⁾

1) *Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул.Фрунзе 21, 4borisea@gmail.com*

2) *Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул.Фрунзе 21, seregazhyk1994@bk.ru*

Цемент і вироблені з нього бетон і залізобетон є в даний час основними будівельними матеріалами, які використовуються в різноманітних областях будівництва. Головний компонент цементу – клінкер, отримують в результаті випалення до спікання сировинної суміші, що складається з природних гірських порід – карбонатних та глинистих і забезпечує в клінкері перевагу високо основних силікатів кальцію.

На цементному заводі клінкер обпалюють в пічних агрегатах – обертових випалювальних печах. Даний технологічний процес (випал) є безперервним і вимагає постійного контролю за параметрами роботи пічних агрегатів, реєстрацію цих параметрів, сигналізацію і регулювання.

Після усіх операцій виготовлення цемент надходить на склад. Канал вологості використовується на складі куди потрапляє готова суміш. Під дією високої вологості повітря цемент втрачає свої властивості, для запобігання цього вимірюється вологість повітря у приміщенні складу, щоб споживач отримав високоякісну продукцію.

Існують декілька видів технологічного процесу виробництва цементу – сухий, мокрий та комбінований. В даній доповіді розглянуто виробництво за сухим способом.

Вапняк і глину попередньо дроблять, потім висушують до вологості приблизно 1% і подрібнюють в сировинне борошно. Сушать вапняк і глину роздільно (використовуючи для цієї мети сушильні барабани)

Для отримання сировинного борошна певного хімічного складу з млинів його направляють коригувальні силоси. В силосах борошно ретельно перемішується стисненим повітрям.

Випал сировинного борошна виробляється у вигляді гранул (зерен) розміром до 25 мм. Грануляція суміші здійснюється в грануляторах барабанного або тарілчастого типу. Для випалу клінкеру при сухому способі застосовують обертові печі діапазон температур (1200-1600°C).

З печі клінкер надходить у холодильник

Подрібнення клінкеру проводиться спільно з гіпсом, гідравлічними та іншими добавками. Спільний помел забезпечує ретельне перемішування між собою всіх матеріалів. Гідравлічні добавки мають високу вологість (до 20-60% і більше). Тому перед помелом їх висушують до вологості приблизно 1%, попередньо подрібнивши до зерен крупністю 8-10 мм. Гіпс тільки дроблять, так як його вводять у незначних кількостях, і що

міститься в ньому волога легко випаровується теплом, що утворюється при помелі цементу в результаті ударів і стирання в млині молотьних тіл.

З млина цемент виходить з температурою до 100° С і більше. Для охолодження, а також створення запасу його відправляють на склад. Для цієї мети застосовують силосні склади, обладнані механічним (елеватори, шнеки), пневматичним (пневматичні насоси, аерожолоби) або пневмомеханічний транспортом.

Для забезпечення якісної продукції на виході треба контролювати параметри серед яких найважливішими є контроль температури у обертовій печі та контроль вологості на складі. Недотримання необхідної температури призведе до неякісної продукції на виході заводу, а зберігання при надмірній вологості може призвести до псування якісного продукту.

Температура вимірюється у обертовій печі для якісного випалу клінкеру. Через те що обертова піч має великі розміри в проекті може використовуватися декілька термопар, для більш точного контролю. Вибір у якості первинного перетворювача термопар зумовлено тим, що вони здатні вимірювати у діапазоні температур, що мають місце в обертовій печі. Крім термопар до каналу вимірювання температури включений нормуючий підсилювач, що здійснює підвищення потужності сигналу до рівня напруги, що може бути коректно сприйнято аналого-цифровим підсилювачем.

У якості датчиків термопар було обрано ТПР – 0290м, це термопара типу В (платнородій-платинородієва термопара). Діапазон робочих температур від 1200 до 1800°С. Можливо коротке використання при дещо вищій температурі – 1900°С.

Для вимірювання вологості на складі та забезпечення якості готової продукції було обрано датчик НІН 4000. Вимірювальний канал вологості складається з датчика вологості та нормуючого підсилювача (НП).

Сигнал з вимірювальних каналів вологості та температури надходить до входу АЦП, що перетворює його в цифровий код.

Похибка по каналу вологості складається з похибки первинного перетворювача вологості, нормуючого перетворювача та похибки АЦП та загалом складає 4,6%. Похибка по каналу температури складається з похибки нелінійності термопар, похибки нормуючого підсилювача та похибки АЦП та в сумі становить 0,5%.

Список літератури

- 1 Алексеев, Б.В. Технология производства цемента/ Б.В. Алексеев. –М.: Высшая школа, 1980. -263с.
- 2 Мешик, Т.Г. Краткий справочник технолога цементного завода/ Т.Г. Мешик. –М.: Стройиздат, 1974. -304с.
- 3 Бутт, Ю.М. Портландцемент/ Ю.М. Бутт. –М.: Стройиздат, 1974. -321с.

РОБОТИЗОВАНА СИСТЕМА ПЕРЕМІЩЕННЯ ТОВАРІВ ПО СКЛАДСЬКОМУ ПРИМІЩЕННЮ

Борисенко Є.А.¹⁾, Корж С.П.²⁾

*1) Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», вул.Фрунзе 21, 4borisea@gmail.com*

*2) Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», вул.Фрунзе 21, barakuda_ukr@mail.ru*

У сучасному світі роботи знаходять все більш широке застосування у різних галузях людської діяльності. Робот – це універсальна автоматизована машина (стаціонарна чи пересувна), що запрограмована на виконання у виробничому процесі багатьох послідовних команд для здійснення рухових функцій, аналогічних функціям людини. Їх універсальність, можливість швидкого переналадження в разі заміни умов або об'єктів виробництва, висока надійність, тривалий термін служби вможливають глибоку автоматизацію серійного та дрібносерійного типів виробництва.

Переваги використання робототехніки:

- ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА, ЯК НАСЛІДОК, ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ;
- МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ВСТАТКУВАННЯ В ТРИ ЗМІНИ, 365 ДНІВ У РОЦІ;
- РАЦІОНАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ;
- ВИКЛЮЧЕННЯ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА НА ПОТОКОВИХ ВИРОБНИЦТВАХ, А ТАКОЖ ПРИ ПРОВЕДЕННІ МОНОТОННИХ РОБІТ, ЩО ВИМАГАЮТЬ ВИСОКОЇ ТОЧНОСТІ;
- ВИКЛЮЧЕННЯ ВПЛИВУ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ НА ПЕРСОНАЛ НА ВИРОБНИЦТВАХ З ПІДВИЩЕНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ;
- ДОСИТЬ ШВИДКА ОКУПНІСТЬ.

Роботи заміняють монотонну ручну працю, а також там, де люди працюють з радіоактивними, токсичними, вибухонебезпечними речовинами, у складних температурних умовах, в умовах підвищеної вібрації, шуму, забруднення повітря і т. п.

Завдяки роботизації стався та триває зростання ефективності виробництва в будь-якій сфері діяльності, та, як наслідок, зростання економіки і питомої ВВП на людину. У підсумку саме завдяки автоматизації і роботизації людина може працювати всього 40 годин на тиждень, споживаючи, при цьому, багато благ цивілізації. На сьогоднішній день роботи виконують найрізноманітніші роботи і завдання, це і просте переміщення вантажів, і складні технологічні операції.

В даному докладі розглядається розробка робота, що буде забезпечувати переміщення вантажу по складському приміщенню компанії

служби доставки товарів з інтернет-магазинів. Особливими рисами, що відрізняють такі товари є наступні:

- невеликі габарити товарів (до 1 м³);
- невелика маса вантажів (до сотень кг);
- дуже широка номенклатура товарів, що перевозяться;
- значний добовий потік товарів, що зумовлено бурхливим розвитком інтернет торгівлі у всьому світі.

Ці передумови призводять до необхідності автоматизувати роботу служби доставки, що може бути реалізовано застосуванням роботизованих систем. Така система повинна забезпечити безперервне переміщення роботів з боксу (де відбувається зарядка АКБ) до потрібного стелажу, доставку стелажу до операторського центру (відділу), де оператор забирає потрібний товар, та повернення стелажу до місця його розміщення. При цьому робот не повинен перешкоджати руху інших роботів. При цьому цей алгоритм є циклічним і відбувається цілодобово.

Для визначення маршруту переміщення певного товару, використовуються QR код, які розміщено на підлозі складу. Система управління вказує роботу по яким QR кодам робот повинен переміщуватись до пункту прийому товару. Для зчитування QR коду в робота вмонтовано оптичний зчитувач.

Розроблювана роботизована система має містити вимірювальні канали маси та відстані. За допомогою модуля вимірювання відстані робот зупиняється біля потрібного стелажу та біля оператора з високою точністю. Вимірювання маси пов'язано з визначенням швидкості руху, в залежності від рівня завантаження.

Для вимірювання маси використовується тензодатчик за допомогою нього можна встановити пріоритети переміщення робота по заданому маршруту, а також вибрати оптимальну швидкість для комфортного переміщення (в даному випадку: $m=0$ кг, $v=6$ км/год; $m>0$ кг, $v=1.3$ км/год). Похибка вимірювального каналу маси становить 0,5%.

Для вимірювання відстані використовується ультразвуковий вимірювач. Цей модуль забезпечує безпечне переміщення роботів по складському приміщенні, тобто запобігає зіткненню роботів між собою та стелажми. Похибка каналу відстані становить 2%.

Ці два модулі передають інформацію до системи управління, яка в свою чергу корегує їхнє подальше переміщення по складу, задає маршрути та пріоритети роботам.

Список літератури

1. http://robotics.ua/shows/series_business;
2. http://pidruchniki.com/12090613/ekonomika/logistika_skladuvannya;
3. <http://www.asvik.kiev.ua/ua/articles/5>.

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНИВАНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Боцюра О.А.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, кафедра
метрологии и измерительной техники, тел. (057) 702-13-31,
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, E-mail: mit@kture.kharkov.ua*

С момента создания «Руководства по выражению неопределенности измерений» (GUM) [1], которое в настоящее время является фактическим стандартом выражения качества измерений в международной практике, прошло более 20 лет. За это время были выявлены многие его недостатки, которые привели к необходимости разработки подхода, основанного на численной реализации закона распространения распределений [2]. Анализ, проведенный в [2], показывает, что оценки неопределенности измерений, получаемые при его использовании, соответствуют байесовским оценкам [3]. В тоже время, сравнение оценок суммарной стандартной неопределенности, получаемых с использованием подходов, описанных в [1] и [2], показывает их численное отличие, обусловленное, прежде всего, различием в нахождении стандартных неопределенностей входных величин по типу А. Это поставило перед Рабочей группой WG1 по руководствам в метрологии задачу ревизии GUM на основе байесовского подхода [4].

Первый проект NewGUM был распространен к концу 2014 года среди Национальных метрологических институтов и других получателей. Анализ этого документа позволил выявить следующие проблемы реализации байесовского подхода к оцениванию неопределенности измерений:

- переход к оценкам неопределенности типа А на основе байесовского подхода увеличивает минимальное число повторных измерений до четырех, что приводит к невозможности оценивания неопределенности в тех случаях, когда требуется ограничить число многократных измерений тремя из-за их трудоемкости, больших временных затрат на их выполнение или ограниченности испытательного материала [5];

- применение байесовского оценивания приводит к необходимости сохранения в NewGUM закона распространения неопределенности, использование которого для нелинейных модельных уравнений и значительных неопределенностей входных величин приводит к смещению оценок значений измеряемой величины и их неопределенности [6];

- байесовское оценивание стандартной неопределенности типа А основано на методе максимального правдоподобия и чувствительно к закону распределения показаний средств измерений: отличие закона распределения их генеральной совокупности от гауссова порождает недостоверность оценок неопределенности измерений [7], а вычисление точных значений таких оценок для ряда реальных законов распределения генеральной совокупности затруднительно;

- байесовский подход предполагает оценивание стандартных неопределенностей входных величин как параметров законов их распределений, однако при оценивании входных величин по типу В закон их распределения чаще всего задается эвристически, что может привести к недостоверным оценкам стандартной неопределенности [8];

- применение байесовского подхода затрудняет получение достоверных оценок расширенной неопределенности, поэтому предложенный в NewGUM способ не зависит от действительного закона распределения измеряемой величины и приводит к завышенным оценкам расширенной неопределенности [9].

Перечисленные проблемы требуют их действенного решения.

Список литературы

1. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. – Geneva: ISO, 1993. – 101 p.
2. JCGM 101:2008. Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Propagation of distributions using a Monte Carlo method. – JCGM, 2008. – 88 p.
3. Боцюра О.А., Захаров И.П. Байесовский подход к оцениванию неопределенности измерений в документах JCGM // Метрология и метрологично осигуряване 2015: Сборник доклади XXV научен симпозиум с международно участие, 7-11 Септември 2015 г., Созопол, България, с. 116–122.
4. Bich et al. Revision of the «Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement» // Metrologia. – 2012, – Vol. 49, pp. 702–705.
5. Боцюра О.А., Захаров И.П. NewGUM: шаг вперед – два шага назад // Научни трудове на Русенския университет, 2015, том 54, серия 2, секция механика и машиностроителни технологии, с. 9-14.
6. Боцюра О.А., Захаров И.П. Анализ подходов к оцениванию вкладов неопределенностей входных величин в неопределенность измеряемой величины // Метрология и приборостроение, 2016, №3, с. 22-27.
7. Боцюра О.А., Захаров И.П. Влияние закона распределения показаний средств измерений на точность оценок неопределённости измерений // Метрология, 2016, №3, с. 12-18.
8. Прокопов А.В., Захаров И.П., Боцюра О.А. Разработка рекомендаций по обоснованию модельного уравнения при оценивании неопределенности измерений // Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія – 2016): Тези доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції, 5-7 жовтня 2016 р., Харків: ННЦ «Інститут метрології», с. 17.
9. Боцюра О.А., Захаров И.П. Сравнительный анализ различных способов вычисления коэффициента охвата при байесовском подходе к оцениванию неопределенности измерений // Системи обробки інформації, 2016, вип. 6(143), с. 20 – 24.

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ВІНЕРА І ГАМЕРШТЕЙНА В НЕЛІНІЙНИХ ІНЕРЦІЙНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛАХ ТИСКУ

Бровко Я.С.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
61002, Харків вул. Ярослава Мудрого, 25, yanabrovko@mail.ru,
<http://www.khadi.kharkov.ua>*

Безпечна експлуатація об'єктів з підвищеним ризиком залежить від якісних показників вимірювальних каналів тиску (ВКТ), зокрема, від динамічних характеристик (ДХ) цих каналів. Модель ВКТ повинна включати нелінійну і лінійну частини, тобто моделі вимірювальної лінії і датчиків тиску [1]. Динамічні властивості складових ВКТ описані в [2]. Розвинутої теорії побудови та функціонування ВКТ на цей час не існує.

В загальному випадку модель ВКТ включає дві ланки: нелінійну неінерційну та лінійну інерційну (рис. 1) (модель Гамерштейна). Якщо змінити ці ланки місцями, то маємо модель Вінера. На цей час невідомо, як вибір тієї чи іншої ланки впливає на метрологічні характеристики ВКТ.

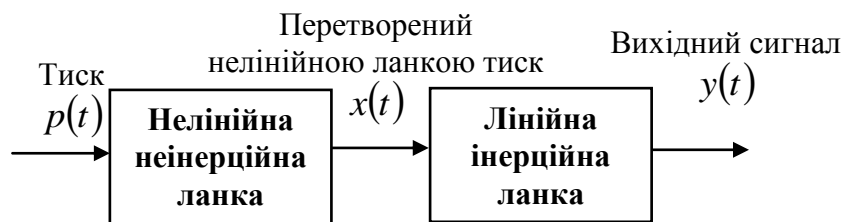


Рисунок 1 – Вимірювальний канал тиску

Метою роботи є порівняння впливу різних параметрів ланок на ефективність застосування моделі для реальних задач.

Математична модель ВКТ. Реалізацію вхідного сигналу $p(t)$ на виході нелінійної неінерційної ланки подаємо у степеневому вигляді, наприклад, квадратичному

$$x(t) = x_0 + x_1 p(t) + x_2 p^2(t), \quad (1)$$

де x_i – невідомі розмірні коефіцієнти.

Для того, щоб скористатись рівнянням Стратоновича Р. Л. [3] перейдемо до нових змінних. Позначимо

$$p^i(t) = U_i(t), \quad (2)$$

в результаті чого вираз (1) зводиться до

$$x(t) = \sum_{i=0}^k \dot{u}_i \cdot U_i(t). \quad (3)$$

На виході лінійної інерційної ланки з імпульсною характеристикою $h(t)$ на інтервалі спостереження T маємо [4]

$$y(t) = \int_0^T h(t) \cdot \sum_{i=0}^k \dot{u}_i U_i(t - \tau_i) d\tau, \quad (4)$$

При моделюванні в середовищі Matlab змінювались параметри ланок і порівнювались вихідні сигнали в моделях Вінера і Гаммерштейна. При малих значеннях постійної часу лінійної інерційної ланки сигнали для цих моделей практично не відрізняються. Аналогічна картина спостерігається при змінюванні характеру нелінійності моделей (збільшення кількості коефіцієнтів \dot{u}_i). При перевищенні постійною часу інерційної ланки деякого порогу вихідні сигнали обох моделей починають відрізнятись. Чим більших значень набуває постійна часу моделей, тим меншим стає коефіцієнт кореляції між вихідними сигналами. Отже, при великих значеннях постійної часу ВКТ необхідність застосування моделей Вінера або Гаммерштейна необхідно додатково обґрунтовувати.

Список літератури

1. Бровко Я. С. Метод определения динамических характеристик датчиков давления при избыточном измерении / Я. С. Бровко // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. / М-во образования и науки, молодежи и спорта Украины, Харьк. нац. автомобильно-дор. ун-т; [редкол. : Туренко А. Н. (гл. ред.) и др.]. – Х., 2016. – Вып. 38. – С. 71-75. – ISSN 2219-8342.
2. Полярус О. В. Визначення динамічних характеристик вимірювальних каналів тиску / О. В. Полярус, А. О. Коваль, Я. С. Бровко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета : сб. науч. тр. / М-во образования и науки молодежи и спорта Украины, ХНАДУ ; [редкол. : Богомолов В. А. (гл. ред.) и др.]. -Х., 2016. – Вып. 73. – С. 43-46. – ISSN 2219-5548.
3. Стратонович Р. Л. Условные марковские процессы / Р. Л. Стратонович. – М. : МГУ, 1966. – 319 с.
4. Полярус О. В. Метрологічне забезпечення при відновленні сигналів на вході лінійних інерційних датчиків / Полярус О. В., Поляков Є. О. // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС – 2011. – С. 99-101.

МЕТОД АНАЛІЗУ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ДИНАМІЧНОГО ОБ'ЄКТА ПРИ КОНТРОЛІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Герасимов С.В., Наконечний О.А.

*Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, 61023, м. Харків, вул. Сумська 77/79, sergeyG@i.ua*

Апаратура контролю динамічних систем складається із генераторів-стимуляторів (тестових генераторів), які формують тестовий (вимірювальний) сигнал, і апаратури аналізу, яка призначена для вимірювання та обробки вихідного сигналу (сигналу-відгуку). У доповіді обґрунтований метод аналізу вихідного сигналу, за допомогою якого можливо встановити принципи побудови та алгоритми роботи апаратури аналізатора вихідних сигналів динамічних об'єктів (ДО).

Зазначено, що при контролі ДО обов'язково присутні перешкоди, до складу яких необхідно включити й похибки вимірювальних приладів. Отже, задача розробки оптимальної методики, яка дозволяє за вихідною реакцією ДО отримати найбільш достовірну інформацію про їх технічний стан, повинна розв'язуватися статистичними методами.

Обґрунтовано, що максимально повною характеристикою стану об'єкта контролю після вимірювання вихідної реакції об'єкта є умовна апостеріорна функція розподілу параметрів ДО. Побудова апостеріорної функції розподілу при відомому законі розподілу перешкоди і апріорного розподілу параметрів об'єкта принципово можлива, але, з одного боку, фактичне обчислення функції розподілу є значно складною задачею при технічній реалізації, а, з іншого боку, максимальна інформація, яка міститься в функції розподілу, як правило, є дуже докладною і тому надмірно громіздкою. Тому показано, що у практиці контролю достатньо знати тільки найбільш суттєві числові характеристики функції розподілу: положення максимуму, „центра тяжіння”, який визначає середні значення параметрів і „ширини”, яка визначає апостеріорну дисперсію (похибку вимірювання) параметрів. Так, при нормальному законі розподілу перераховані величини повністю визначають функцію розподілу. Алгоритми роботи аналізатора, які визначають наведені вище числові характеристики, у ряді випадків настільки спрощуються, що доцільно створювати автономні аналізатори з поєднанням функцій вимірювання вихідної реакції ДО та подальшої обробки отриманих даних з метою визначення числових оцінок їх параметрів.

Доведено, що при нормальному законі розподілу перешкоди визначення параметрів контролю ДО зводиться до розв'язання системи рівнянь. При незначних відхиленнях параметрів об'єкта від номінальних значень система рівнянь є лінійною, а її розв'язання може бути отримане в

явному виді. При цьому параметри об'єкта отримуються лінійним перетворенням миттєвих значень вихідної реакції об'єкта контролю [1].

Показано, що при незначних відхиленнях параметрів контролю від номінальних (границі „малості” залежать від конкретного ДО), отримані за допомогою лінійної обробки вихідного сигналу значення параметрів контролю не будуть співпадати з істинними. Тоді лінійна обробка вихідного сигналу (при достатньо великій кількості параметрів контролю) дозволяє встановити факт виходу параметрів за межі допусків, але не дає можливості встановити числову величину цих виходів. Оскільки виходи параметрів за межі допуску свідчать про несправності ДО, то лінійна обробка вихідного сигналу дозволяє встановити факт такої несправності.

Обґрунтовано, що для отримання числового значення виходу параметрів за межі допуску у випадку, коли ці виходи є значними, можна використовувати алгоритм обробки, який заснований на методі ітерації. Технічна реалізація цього методу обробки може бути спрощена при використанні циклічного алгоритму.

Суттєве спрощення алгоритму обробки вихідного сигналу при одночасному збереженні високої перешкодозахищеності може бути отримане за допомогою методів обробки, які не використовують максимально повну інформацію, що міститься у сукупності миттєвих значень вихідного сигналу. У цих методах для оцінки значень параметрів об'єкта використовується не вся сукупність миттєвих значень вихідного сигналу ДО, а усереднені значення вихідного сигналу: середнє за часом контролю значення сигналу неузгодження.

При застосуванні оптимальної за чутливістю методики контролю пропонується враховувати особливий випадок – випадок виродження, коли оптимальний за чутливістю сигнал призводить до різкого зниження точності контролю. Такий випадок має місце, коли час контролю динамічного об'єкту значно переважає час перехідного процесу. Оптимальним за чутливістю сигналом з обмеженою енергією є при цьому синусоїдальний сигнал. Застосування синусоїдального сигналу при кількості параметрів контролю об'єкта більше двох не дозволяє визначити параметри з достатньою точністю. Для отримання достатньої точності при одночасному забезпеченні високої чутливості необхідно у даному випадку використовувати сигнал, який складається з декількох гармонійних складових, число яких залежить від кількості параметрів контролю ДО.

Список літератури

1. Чинков В.М. Варіаційний метод і методики синтезу оптимального вимірювального сигналу для контролю технічного стану системи автоматичного управління / Чинков В.М., Герасимов С.В. // Український метрологічний журнал. – 2014. – № 1. – С. 59-64.

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ БІОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ МЕТОДОМ ГАЗОРОЗРЯДНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Глухова Н.В.¹⁾, Корсун В.І.¹⁾, Пісоцька Л.А.²⁾

¹⁾ ДВНЗ «Національний гірничий університет»,

м. Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19, korsun@ua.fm

²⁾ ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»,

м. Дніпро, вул. Дзержинського, 9, pesotskaya23@mail.ru

Контроль якості питної води та продуктів харчування є актуальним питанням, якому присвячується багато наукових досліджень. При цьому сучасні вимоги щодо якості питної води стосуються не тільки її фізико-хімічних, але й фізіологічних властивостей. Науково доведено, що тільки фізико-хімічний аналіз не здатний встановити усі властивості води, які необхідні для нормального функціонування організмів живих істот. Зокрема, комплексний аналіз якості питної води повинен включати мікробіологічні, радіологічні, біологічні та інші тести [1].

Останні наукові досягнення у галузі вивчення структури води свідчать про ключову роль когерентних явищ у рідині, які безпосередньо впливають на біологічні властивості води [2]. Розвиток теорії існування когерентних доменів у структурі води надав змогу пояснити спеціальні біологічні властивості води, у тому числі саму можливість існування життя завдяки забезпеченню відповідного протікання процесів метаболізму у біологічних системах [3-4].

Метою досліджень у даній роботі є вивчення біологічних властивостей води шляхом побудови методу оцінки ступеня її когерентності на базі аналізу зображень газорозрядного випромінювання зразків рідини.

Отримання результатів вимірювань реалізується шляхом отримання зображення випромінювання рідиннофазного об'єкту на рентгенівській плівці для зразків води, що піддаються короткочасному імпульсному впливу електромагнітного поля [5]. При впливі на воду зовнішнього електромагнітного поля відбувається перехід когерентних доменів на інші енергетичні рівні, що супроводжується хаотичним випромінюванням в інфрачервоному, ультрафіолетовому та оптичному діапазонах [6].

Просторовий розподіл випромінювання реєструється на фотоматеріалі та в подальшому аналізується на базі спеціально розробленого програмного забезпечення. Для зразків води з різним ступенем когерентності характерні різні види шумів на зображенні. З метою дослідження просторово зафіксованих розподілів формування газорозрядних треків навколо досліджуваного зразка запропоновано використання методу фліккер-шумової спектроскопії (ФШС) [7].

Відомо, що аналіз результатів вимірювань у вигляді зображень є нетривіальним завданням, що передбачає поєднання експериментальних та евристичних підходів щодо параметризації. Оскільки біологічні властивості води (зокрема ступінь її когерентності) напряду не відповідають геометричним або яскравісним ознакам зображень газорозрядного випромінювання, то вирішення поставленої мети виконується непрямим методом на основі ФШС-аналізу профілю яскравості пікселів.

Коливання значень яскравості пікселів $b(x)$ уздовж профілю розуміються як динаміка зміни яскравості, що дає змогу аналітично оцінити автокореляційну функцію цього сигналу. У подальшому в якості інформативних ознак зображення використовуються: 1) максимальне значення просторової частоти зміни яскравостей; 2) середнє значення амплітуди потужності шумів для середнього діапазону частот.

Визначення рівня когерентності води реалізується на базі порівняння отриманих значень двох вказаних вище параметрів з аналогічними показниками для зображень газорозрядного випромінювання дистильованої води, яка характеризується низьким рівнем когерентності та використовується у якості еталону некогерентної води.

Список літератури

1. Гончарук В. Комплексна оцінка якості фасованих вод / В. Гончарук, В. Архипчук, Г. Терлецька, Г. Корчак // Вісн. НАН України. – 2005. – №3. – С.47-58.
2. Quantum Coherent Water and Life // Available at: http://www.i-sis.org.uk/Quantum_Coherent_Water_Life.php
3. Del Giudice E. Water dynamics at the root of metamorphosis in living organisms / Del Giudice E., Spinetti P.R. and Tedeschi A. // Water. – 2010. – №2. – P. 566-586.
4. Giudice E.D. On the “unreasonable” effects of ELF magnetic fields upon a system of ions”. / Giudice ED, Fleischmann M, Preparata G and Talpo G. // Bioelectromagnetics. – 2002. – 23. – P. 52-30.
5. Глухова Н.В. Метод оцінки біологічних та квантових властивостей води / Н.В. Глухова, Л.А. Пісоцька, Н.Г. Кучук // Системи обробки інформації. – 2015. – № 7(132). – С.195-200.
6. Johansson B. Do quantum state oscillations in natural drinking water benefit human health / B. Johansson // Conference on the Physics, Chemistry and Biology of Water. – 2014.
7. Тимашев С.Ф. Информационная значимость хаотических сигналов: фликкер-шумовая спектроскопия и ее приложения/ С.Ф. Тимашев // Электрохимия. – 2006. – Т. 42. – С.480-524.

ВЫБОР ЧАСТОТЫ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Горкунов Б.М.¹⁾, Веприв Л.В.²⁾, Шибан Тамер³⁾

¹⁾ Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", кафедра "Информационно-измерительных технологий и систем", д.т.н., проф. кафедры, ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, gorkunov@kpi.kharkov.ua;

²⁾ НТУ "ХПИ", кафедра "Информационно-измерительных технологий и систем", магистр кафедры, ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002;

³⁾ НТУ "ХПИ", кафедра "Информационно-измерительных технологий и систем", аспирант кафедры, ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002;

Электромагнитный метод является наиболее актуальным, так как обладает такими преимуществами как: бесконтактность, высокая надежность, автоматизация процесса измерения, слабая зависимость выходных сигналов электромагнитных преобразователей от внешних климатических факторов. Данный метод позволяет производить сортировку материалов по маркам, оценивать степень химической чистоты, контролировать правильность выполнения термической и механической обработки.

При бесконтактном измерении удельной электрической проводимости материалов важно уменьшить влияние на показатели прибора изменений зазора между катушкой датчика и поверхностью материала. Этому требованию отвечают резонансные, амплитудно-фазовые и фазовые способы измерения электрической проводимости. Выбор частоты зондирующего поля электромагнитного преобразователя при измерении удельного электрического сопротивления, является одним из важнейших параметров.

При резонансном способе уменьшается влияние изменения зазора, используя свойства колебательных контуров (подбирается добротность контура).

При амплитудно-фазовом способе измеряется как амплитуда, так и фаза сигнала рассогласования. Удельное электрическое сопротивление одновременно влияет на амплитуду и фазу выходного сигнала, схему настраивают таким образом, чтобы изменение зазора не влияло на амплитуду выходного сигнала.

При фазовом способе устройство реагирует лишь на изменение сдвига фаз измеряемого и опорного напряжения, вызванное изменением удельной электрической проводимости материала. Чем ближе угол к 90° между направлениями изменений сигнала, вызванных изменением

удельной электрической проводимости контролируемого материала и изменением расстояния между поверхностью материала и датчиком, тем легче исключить влияние изменения зазора на показания прибора.

В данной работе исследуется амплитудно-фазовый метод однопараметрового измерения удельного электрического сопротивления цилиндрических немагнитных материалов. Исследование показало, что измерения удельного электрического сопротивления в широком частотном диапазоне зондирующего поля позволяет получить оптимальное значение частоты (обобщённого параметра x) при котором погрешности измерений минимальны (см. рис.1).

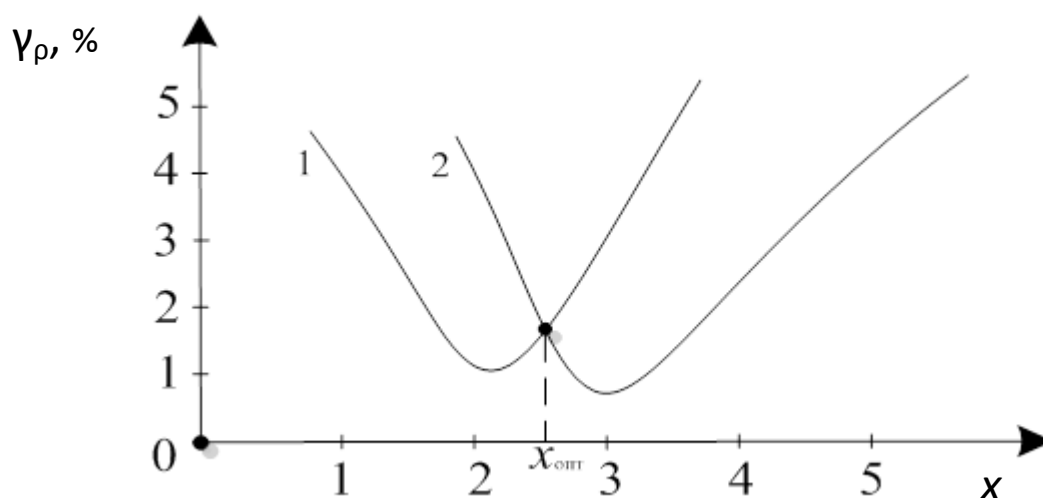


Рисунок 1 – Зависимость погрешности измерения удельного электрического сопротивления от обобщенного параметра x

Из рисунка видно, что для исследования широкого класса немагнитных изделий, можно повысить точность измерения удельного электрического сопротивления, переключая режим работы устройства с амплитудного метода (1) на фазовый метод (2), используя для этого оптимальные значения обобщенного параметра x , изменяя частоту возбуждающего тока.

Список литературы

1. Дорофеев А.Л. Индукционная структуроскопия / Энергия. – Москва – 1973. – С. 5–40.
2. Горкунов Б.М., Львов С.Г., Горкунова И.Б., Шахин И.Х. Многопараметровый электромагнитный метод контроля цилиндрических токопроводов. Энергосбережение Энергетика Энергоаудит, Спец. выпуск. – Харьков: Т. 2, № 8 (114), 2013. – С. 140-144.
3. Себко В.П., Юданова Н.Н., Ноздрачева Е.Л. Расчет параметрического и трансформаторного электромагнитных преобразователей / НТУ "ХПИ"– Харьков – 2004 – С. 15–18.

РАЗРАБОТКА ФЕРРОЗОНДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Горкунов Б.М.¹⁾, Львов С.Г.²⁾, Иркилевский Ю.А.³⁾

¹⁾ *Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", кафедра "Информационно-измерительных технологий и систем", д.т.н., проф. кафедры, ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, gorkunov@kpi.kharkov.ua;*

²⁾ *НТУ "ХПИ", кафедра "Информационно-измерительных технологий и систем", доцент кафедры, ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002;*

³⁾ *НТУ "ХПИ", кафедра "Информационно-измерительных технологий и систем", магистр кафедры, ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002;*

Датчики магнитного поля все шире используются не только в системах измерения считывания электромагнитных сигналов, но в системах управления сложными механизмами и процессами, в различных приборах ориентации.

Феррозондовые датчики магнитного поля используются для измерения постоянных и низкочастотных переменных магнитных полей и их градиентов. Датчик состоит из ферромагнитного сердечника из материалов с высокой магнитной проницаемостью и двух катушек: катушки возбуждения, которая подключается к источнику переменного тока, и измерительной катушки. Эти датчики отличаются высокой чувствительностью к магнитным полям. С учетом двух способов создания возбуждающих переменных полей и двух основных режимов работы можно выделить четыре типа феррозондовых преобразователей: с продольным возбуждением, работает в первом режиме; с продольным возбуждением, работает во втором режиме; с поперечным возбуждением, работает в первом режиме; поперечным возбуждением, работает во втором режиме.

Принцип работы феррозонда основан на том, что при отсутствии внешнего магнитного поля в измерительной катушке не наводится ЭДС, так как магнитные потоки, создаваемые током обмотки возбуждения в двух половинках сердечника одинаковые по величине и противоположны по направлению и взаимно, компенсируются. Если же на сердечник накладывается внешнее магнитное поле, то возникает дисбаланс, так как в одной половинке сердечника это поле складывается с полем возбуждения, а во второй – вычитается и в измерительной обмотке наводится ЭДС. Для оценки силы внешнего магнитного поля анализируется величина второй гармоники этой ЭДС, так как симметрия датчика проявляется сильнее в возникновении нечетных гармоник.

Для экспериментального определения распределения напряженности магнитного поля в локальной области и измерения неоднородности поля, при различной пространственной ориентации токовых катушек Гельмгольца, разработан программно-управляемый стенд, структура и внешний вид которого приведены на рисунке 1.

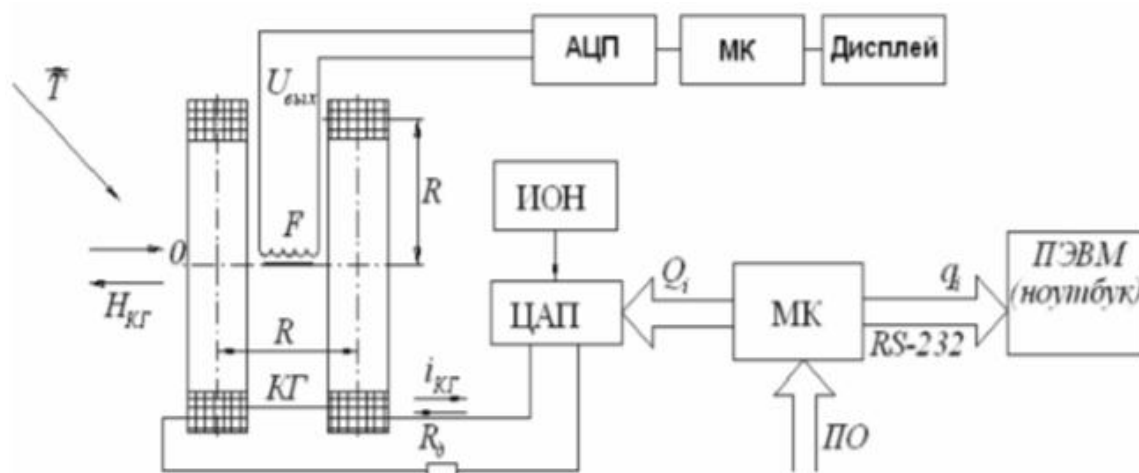


Рисунок 1 – Структура программно-управляемого стенда исследования статических характеристик феррозондовых преобразователей

Генерирование магнитных полей осуществляется индукторами, ориентированными в пространстве определенным образом в соответствии с заданными алгоритмами управления. Вращение результирующего вектора индукции (или напряженности) осуществляется либо в плоскости, либо в пространстве.

Сопоставительный анализ контурных токовых систем применительно к рассматриваемым задачам исследования высокоточной феррозондовой магнитометрической аппаратуры позволил сделать вывод о целесообразности выбора системы колец Гельмгольца, как наиболее простой и наиболее приемлемый способ решения поставленных задач и в наибольшей степени удовлетворяющей предъявляемым требованиям.

Список литературы

1. Афанасьев Ю.В., Студенцов Н.В. Средства измерения параметров магнитного поля. / Ленинград: – Энергия, – 1976. – 320 с.
2. Панчишин Ю.М., Усатенко С.Т. Измерение переменных магнитных полей. / Киев: – Техника, – 1973.– 140 с.
3. Афанасьев Ю.В. Феррозондовые приборы. / Ленинград: – Энергоатомиздат, – 1986. – 488 с.
4. Миловзоров А.Г., Ломаев Г.В., Шапошников А.М. О построении феррозондовой магнитометрической аппаратуры. // Вестник ИжГТУ. – №4, 2009. – С. 122-125.

УСТАНОВКА ДЛЯ ТАРИРОВКИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ З ДАТЧИКАМИ ХОЛЛА

Горкунов Б.М.¹⁾, Львов С.Г.²⁾, Курило В.В.³⁾

- ¹⁾ *Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", кафедра "Інформаційно-вимірювальних технологій і систем", д.т.н., проф. кафедри, вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, gorkunov@kpi.kharkov.ua;*
- ²⁾ *НТУ "ХПИ", кафедра "Інформаційно-вимірювальних технологій і систем", доцент кафедри, вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002;*
- ³⁾ *НТУ "ХПИ", кафедра "Інформаційно-вимірювальних технологій і систем", магістр кафедри, вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002;*

Використання датчиків Холла в якості первинних перетворювачів для вимірювання складових магнітного поля в просторі є актуальною задачею. Переважно вимірювальні перетворювачі Холла використовуються для вимірювання напруженості магнітного поля. Вони є складовою багатьох сучасних приладів і механізмів, наприклад в системах керування запалювання двигунів автомобілів. Також їх використовують в приладах для вимірювання рівня рідини, як безконтактні вимикачі, для зчитування магнітних кодів, для безконтактного вимірювання сили струму в провідниках та в інших пристроях.

В даний час широко використовують два типи вимірювальних перетворювачів Холла. Цифрові вимірювальні перетворювачі Холла з допомогою яких визначають наявність, або ж відсутність магнітного поля, а також аналогові вимірювальні перетворювачі Холла, які перетворюють величину індукції магнітного поля в вихідну напругу.

Важливим фактором залишається матеріал з якого виготовлені самі датчики. Наприклад: ХАГ-П (GaAs) датчик з розмірами $4 \times 2 \times 0.25$ мм, має керуючий струм 3-15 мА і питому чутливість 45000-1200 В/(А \times Тл); ЕА-218 (InAs) датчик, з подібними розмірами $2 \times 5 \times 0.1$ мм, матиме керуючий струм 100 мА і питому чутливість 0.85 В/(А \times Тл); SV-110 плівочний датчик (InSb), керується струмом 15 мА, з питомою чутливістю 100 В/(А \times Тл) при розмірах 3×1.5 мм; ВНТ-900 (InAsP) з габаритами 15×6 мм з чутливістю 1.45 В/(А \times Тл) і керуючим струмом 200 мА.

Датчики Холла виготовлені з різних матеріалів мають різні характеристики. З цього можна зробити висновок що не можна просто взяти і замінити один датчик Холла іншим. Слабка взаємозамінність датчиків, як первинних перетворювачів, приведе до того, що перед використанням в установці потрібно виконати його тарировку. Для цього нами було розроблено тарировочний пристрій. Структурна схема приведена на рисунку 1.

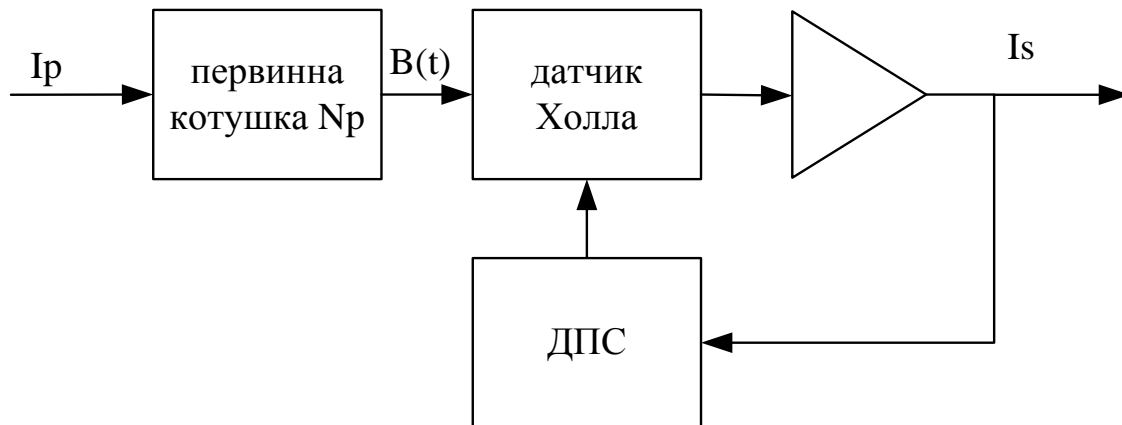


Рисунок 1. – Структурна схема тарировочного пристрою

Тарировочний пристрій складається з первинної котушки N_p з відомими параметрами магнітного поля і датчика Холла який розміщується в полі котушки. Струм I_p протікаючи через котушку N_p створює магнітний потік з індукцією $B(t)$ яка вимірюється датчиком Холла. Вихідна напруга датчика пропорційна величині струму I_p . Якщо вихідна напруга не пропорційна значенню магнітної індукції поля, то ми за допомогою генератора керуючого джерела живлення постійного струму (ДПС), який змінює струм датчика Холла, добиваємось пропорційності, причому це можливо тільки в області лінійності робочого діапазону датчика.

Даний пристрій дає можливість визначати вихідні характеристики датчиків Холла. Також даний пристрій використовується для тарировки перетворювачів Холла при заміні їх як первинних чутливих елементів у приладах (мілівеберметрів) для вимірювання магнітних полів.

Список літератури

1. О. К. Хомерики «Полупроводниковые преобразователи магнитного поля. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
2. В Тихонов и др. «Датчики Холла для бесконтактного электродвигателя постоянного тока». «Труды ВНИИЭМ» 1976 г.
3. Интернет ресурс // www.smd-component.ru.
4. Б. Трэвис Интегральные датчики Холла «Инженерная микроэлектроника. 1998.
5. А. Маргелов Датчики тока компании Honeywell» Новости электроники, №8, 2006.
6. А. Кобуси др. «Датчики Холла и магниторезисторы». Перевод с польского под ред. Хомерики О. К., М. «Энергия», 1971 . – 138 с.

МІКРОКОНТРОЛЕРНИЙ ВИМІРЮВАЧ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕФІРУ

Григоренко І.В.¹⁾, Безбородий Є.А.²⁾
^{1), 2)} *НТУ «ХПІ», м. Харків вул. Фрунзе, 21*

Необхідність створення мікроконтролерного вимірювача пов'язана з тим, що для забезпечення високої якості кефіру є саме контроль основних параметрів виготовлення кефіру. Незважаючи на різні методи виготовлення кефіру, схема виготовлення кефіру є типовою у своїй основі, тому мікроконтролерний вимірювач, що розробляється, дозволить підвищити якість кефіру на будь-якому підприємстві, що його виготовляє, завдяки своєчасному контролю основних етапів технологічного процесу.

В основі виробництва кефіру лежить контроль молока, нормалізація, очищення, пастеризація і гомогенізація молока при температурі $(92 \pm 2) ^\circ\text{C}$ взимку, $(60 - 65) ^\circ\text{C}$ влітку і тиску $(15 - 17,5)$ МПа, заквашування та його квашення при температурі $(17 - 20) ^\circ\text{C}$ влітку, $(22 - 25) ^\circ\text{C}$ взимку [1].

Структурна схема мікроконтролерного вимірювача параметрів технологічного процесу виготовлення кефіру наведена на Рис. 1. Вона складається з аналогової й цифрової частини.

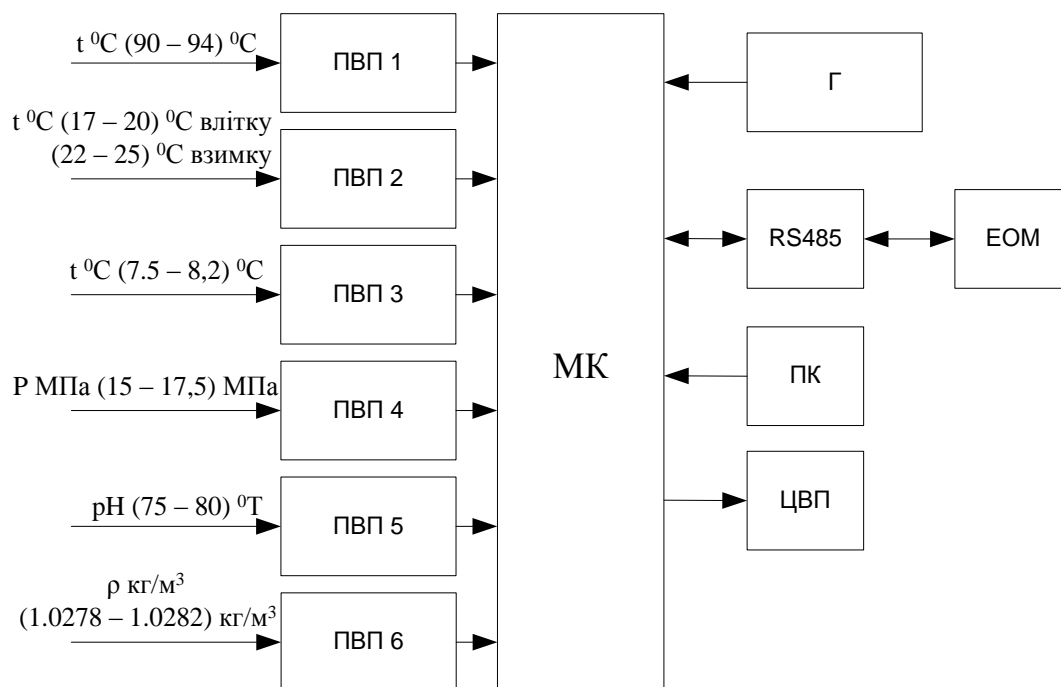


Рисунок 1 – Структурна схема мікроконтролерного вимірювача параметрів технологічного процесу виготовлення кефіру

Аналогова частина містить у собі: первинні вимірювальні перетворювачі: ПВП1, ПВП2, ПВП3 – датчики призначені для контролю температури, ПВП4 – датчик призначений для контролю тиску, ПВП5 – датчик призначений для контролю кислотності, ПВП6 – густиномір промисловий призначений для контролю густини.

У цифрову частину входять АЦП – аналого-цифровий перетворювач, призначений для перетворення вхідної безперервної величини (напруги), що містить вимірювальну інформацію у цифровий код і передачі її на мікроконтролер; мікроконтролер, необхідний для обробки вимірювальної інформації, керування даною інформацією, забезпечення обміну даними між окремими частинами схеми та зовнішніми пристроями, відображає інформацію на ЦВП – цифровому відліковому пристрої та передає до персонального комп'ютера (ЕОМ) по інтерфейсу RS485; генератор синхронізуючих імпульсів (Г) виробляє синхроімпульси, необхідні для роботи мікроконтролера; пульт керування (ПК) виконує початкове налаштування мікроконтролера, та забезпечує його скидання; інтерфейс RS 485 призначений для обміну даними із зовнішніми пристроями, зокрема з ЕОМ; цифровий відліковий пристрій (ЦВП) необхідний для цифрового відображення інформації на екрані.

У якості датчика температури обираємо терморезисторний датчик температури РТ100 серії ТТ Кlay [2].

Оскільки густина молока, що береться в якості сировини, грає суттєву роль при виготовленні кефіру для її контролю ми обираємо датчик густини НВЦ-П21 [3].

Щоб перевірити якість готового продукту необхідно перевірити його кислотність. Для цього ми обираємо датчик кислотності рН-101П призначений для вимірювання і контролю кислотності кефіру в кінці його виробництва [4].

Оскільки всі процеси проходять в резервуарах то нам необхідно контролювати тиск в них. Для цього ми обираємо ємнісний датчик тиску DMD 331-A-S-LX / HX [5].

Мікроконтролер реалізований на мікросхемі АТmega16, здійснює обробку результату вимірювання і передає готовий результат вимірювання на цифровий відліковий пристрій, представлений мікросхемою МТ-16S2D.

Список літератури

1. Технологія виробництва кефіру // [http:// www.activestudy.info](http://www.activestudy.info).
2. Датчик температури // <http:// kipservis.ru.;>
3. Датчик густини // <http:// molteh.ru.;>
4. Датчик кислотності // <http:// www.dilis.com.ua.;>
5. Датчик тиску // <http:// www.bdsensors.ru.>

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛАЗЕРНОЇ СИСТЕМИ

Григоренко І.В.¹⁾, Буличова К.В.²⁾
^{1), 2)} *НТУ «ХПІ», м. Харків вул. Фрунзе, 21*

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій дозволяє істотно підвищити точність обробки даних з точки зору вирішення задач апроксимації функціональних залежностей завдяки використанню штучних нейронних мереж (ШНМ). Нейронні мережі (НС) – потужний метод моделювання, що дозволяє відтворювати надзвичайно складні залежності. Клас задач, які вирішуються з допомогою ШНМ, визначається тим, як працює мережа, і тим, як вона навчається. При роботі НС приймає значення вхідних змінних і видає значення вихідних змінних [1]. Успішність використання ШНМ залежить від обраної загальної структури, методів навчання, способу апаратної та програмної реалізації. Використовуючи середовище моделювання методом порівняння різних варіантів і комбінацій структур мереж, за допомогою тестових вибірок знаходять відхилення і коефіцієнти кореляції між вихідними даними мережі і дійсними значеннями, проводять аналіз ефективності їх роботи, за якою і вибирають відповідну модель для подальшого використання. Здатність до моделювання нелінійних процесів, роботі з зашумленими даними і адаптивність дають можливість застосовувати НС для рішення широкого класу задач, таких як аналіз лазерної системи [2]. В наші дні неможливо уявити собі життя людства без лазерів. Лазерні технології настільки глибоко проникли в різні сфери життя (лазерний програваач, медичний інструмент або ж лазерна система), що обійтися без них вже, мабуть, не вдасться. Так само не обійшли увагу, і сферу виробництва, де стали використовуватися лазерні системи [3]. Але як у будь-якої системи, у лазерної є фактори що впливають на її роботу – зовнішні і внутрішні. Зовнішні фактори створюють умови, в яких експлуатується система, а саме:

- температурний режим роботи, який надає значний вплив на точність;
- вібрації можуть призвести до збільшення похибки і навіть до неможливості проведення вимірювань;
- засміченість повітря робочої зони парами змащувально-охолоджувальної рідини впливає на точність фокусування променя;
- розмір деталі (в різних випадках на точність впливають ті чи інші розміри вимірюного оптичного елемента або деталі).

При розв'язуванні задач класифікації та категоризації однією з найактуальніших залишається проблема стабільності – пластичності. Суть її полягає в тому, що для класифікуючої структури важливо встановити факт, чи є об'єкт класифікації новою інформацією. Стабільність полягає в

тому, що набута інформація не змінюється при застосуванні процесів пластичності, які забезпечують зростання об'єму інформації про навколишнє середовище. Розглянувши, та порівнявши усі типи нейронних мереж, можемо визначити, що найкраще для вирішення нашої задачі підходить багатошарова нейронна мережа, що називається персептрон. Схема, багатошарового персептрону представлена на рис. 1 .

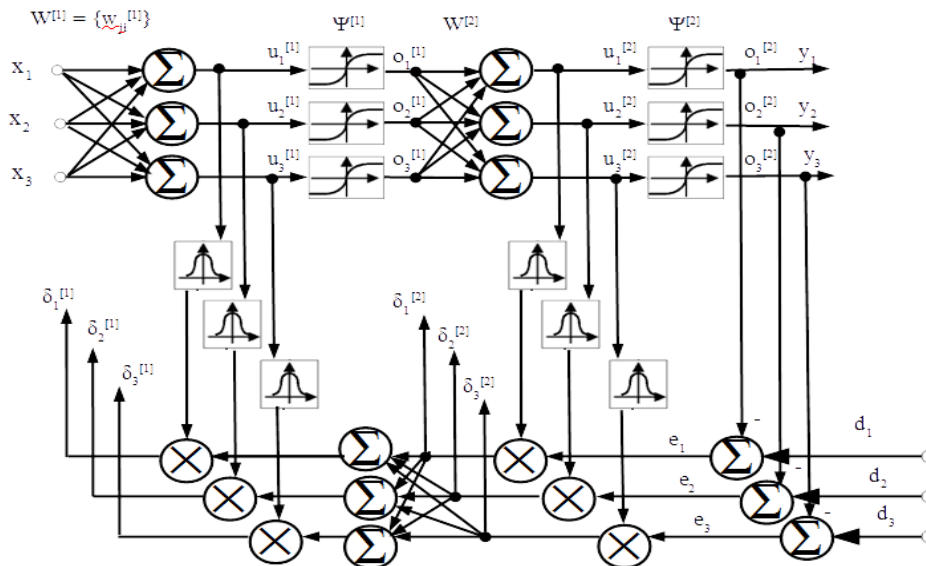


Рисунок 1 – Двошаровий персептрон зі зворотнім зв'язком

де, x_i – дані отримані від датчиків, що контролюють параметри;
 $W^{[xi]}$ – ваговий коефіцієнт, що знаходиться на шарі нейронної мережі;
 δ_i – коефіцієнт корекції вагового коефіцієнту, корекція даних;
 u_i – вихідний сигнал суматора i -того нейрону, відповідного шару;
 Ψ – сигмоїдальна функція активації, що реалізується програмою;
 O_i – вихідний сигнал i -того нейрону, i -того шару;
 y_i – вихідні значення усієї мережі (останнього шару), відповідного нейрону;
 $\frac{d\Psi_i}{du_i}$ – похідна функція від функції активації;
 d_i – данні, що надходять від «Вчителя»;
 e_i – результат порівняння y_i та d_i .

В подальшому планується моделювання в середовищі Matlab ШНС для перевірки адекватності моделі.

Список літератури

1. Галушкин А. И. Теория нейронных сетей. Кн. 1. Учебное пособие для вузов. / А. И. Галушкин. – М.:ИПРЖР, 2000. – 416 с.
2. Полещук А. Лазерные методы контроля асферической оптики / А. Полещук, А. Маточкин // Фотоника. – 2011. – №2. – С.38.
3. Мишура Т. П. Проектирование лазерных систем: учеб.пособие / Т. П. Мишура, О. Ю. Платонов. – СПб: ГУАП, 2006. – 98 с.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

Григоренко І.В.¹⁾, Залужна Ю.М.²⁾
^{1), 2)} *НТУ «ХПІ», м. Харків вул., Фрунзе, 21*

В основі виробництва керамічної плитки лежить випал виробів, виготовлених із суміші глини різних сортів, з додаванням інших натуральних компонентів, при температурі від 1040 °С до 1250 °С, залежно від типу плитки. У цілому технологічний процес виробництва керамічної плитки безупинно вдосконалюється, що і є головним секретом одержання якісно нового матеріалу [1]. У роботі [2] було представлено структурну схему системи контролю параметрів технологічного процесу виготовлення керамічної плитки. Оскільки на цей час виникає необхідність, по можливості, уникати використання дротових інтерфейсів, у наслідок неможливості, інколи, прокласти лінії зв'язку через наявність вже встановленого устаткування пропонується передавати дані на відстань по радіоканалу.

Системи, що пропонується, здатна передавати дані на відстань до 200 м по радіоканалу, працюючому на частоті 2,4 ГГц, з підключенням до мікроконтролера по SPI-інтерфейсу. Таку передачу дає можливість здійснити радіомодуль nRF24L01, що працює на частоті 2.4 ГГц (частота використання WiFi), призначений для зв'язку мікроконтролерів (в тому числі і Arduino) між собою. Мале енергоспоживання, гідний радіус дії і низька ціна, ось основні якості радіомодуля nRF24L01. Це дозволяє йому і посій день конкурувати з такими гігантами як : Xbee і Bluetooth.

Структурна схема мікроконтролерного блоку системи моніторингу параметрів технологічного процесу виготовлення керамічної плитки складається із системи збору інформації з передавачем і із системи прийняття й обробки інформації з приймачем (Рис. 1).

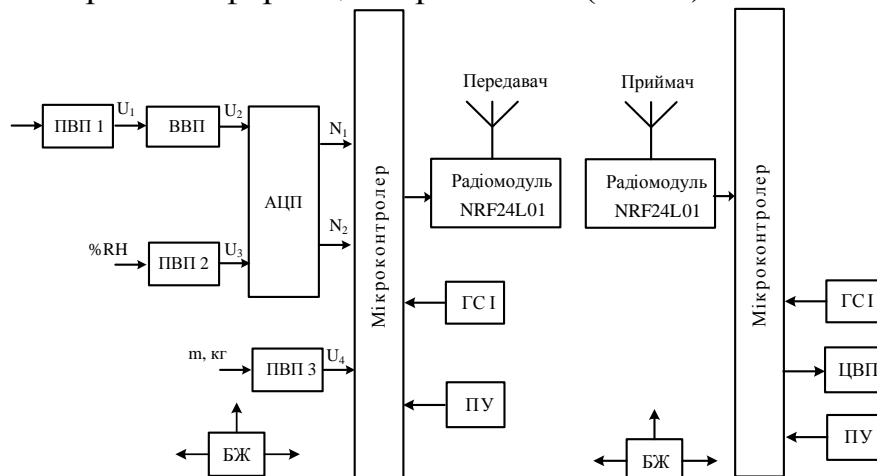


Рисунок 1 – Структурная схема системы мониторингу

До складу системи збору інформації входять: ПВП1 - призначений для контролю температури випалу у печі; ПВП2 – призначений для контролю вологості сировини; ПВП3 – призначений для контролю тиску гідравлічного преса, радіомодуль NRF24L01 (передавач), генератор синхронізуючих імпульсів (ГСІ), пульт управління (ПУ). До складу системи прийняття й обробки інформації також входять приймач NRF24L01, мікроконтролер, що здійснює обробку вимірювальної інформації та відображає параметри, які контролюються на цифровому відліковому пристрої (ЦВП).

У якості датчика вологості сировини обираємо мікрохвильовий вимірник вологості M-Sens 2 [3].

У якості датчика температури при випалі керамічної плитки обираємо термопару ТПЗ тип ТХА, type К у керамічних бусах для вимірювання високих температур. Для компенсації похибки від нестабільності температури холодних кінців термопари та підвищення рівня сигналу використовуємо AD597 – монолітний контролер, оптимізований для використання в умовах будь-яких температур у різних випадках [3].

Оскільки при пресуванні порошкоподібну суміш завантажують у прес-форми гідравлічного преса, де вона під високим тиском (до $500 \text{ кг} / \text{см}^2$), а $1 \text{ кгс} / \text{см}^2 = 98066,5 \text{ Па}$. $500 \text{ кгс} / \text{см}^2 = 49 \text{ МПа}$, що в свою чергу відповідає вазі 467 т, то для контролю такої ваги обираємо датчик типу Н2А - тензометричний датчик мембранного типу (шайба) [3].

Мікроконтролер реалізований на мікросхемі ATmega16, здійснює обробку результату вимірювання і передає готовий результат вимірювання на цифровий відліковий пристрій, представлений мікросхемою HD44780

Загальна похибка вимірювання даного приладу складається з похибки окремих вузлів. Джерелами похибки є первинні вимірювальні перетворювачі та АЦП. Похибка датчика вологості сировини M-Sens 2 становить $\pm 0,1 \%$; похибка датчика контролю температури при випалі із схемою компенсації похибки від нестабільності температури холодних кінців термопари становить $\pm 1 \%$; похибка датчика для контролю тиску гідравлічного преса мембранного типу Н2А становить $\pm 0,1 \%$; відносна похибка АЦП AD1674 становить $\pm 0,01 \%$.

Список літератури

1. Организация производства керамической плитки // [http://vproizvodstvo.ru.](http://vproizvodstvo.ru;);
2. Григоренко І.В. Система контролю параметрів технологічного процесу виготовлення керамічної плитки / І.В. Григоренко, Ю.М. Тонкіна / II Всеукраїнська науково-технічна конференція «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування України» – Харків: НТУ «ХПІ» 2015;
3. Преобразователи, датчики, сенсоры // <http://sensorese.com>.

ЦИФРОВИЙ БЛОК КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СЕРЕДОВИЩА В АКВАРІУМІ

Григоренко І.В.¹⁾, Михайличенко А.М.²⁾
^{1), 2)} *НТУ «ХПІ», м. Харків вул., Фрунзе, 21*

Необхідність створення блоку контролю пов'язана з тим, що для забезпечення нормального розвитку риб та рослин у акваріумі треба створити середовище найбільш схоже до природного [1].

Для того щоб риби нормально розвивалися, їх метаболізм повинен бути налаштований на складові середовища. Риби можуть відчувати дискомфорт, погіршення здоров'я або навіть загинути, якщо вода, в якій вони перебувають, яку п'ють, якою дихають, яка взаємодіє з рідкою складовою їх тіла, не відповідає певним вимогам. Особливо якщо ці зміни відбуваються досить різко. Вона містить різні речовини, що додають їй такі цікаві для акваріума властивості, як колір, прозорість, запах, а також значення жорсткості ДН і водневого показника РН. [2].

Структурна схема блоку контролю параметрів середовища в акваріумі наведена на рис. 1.

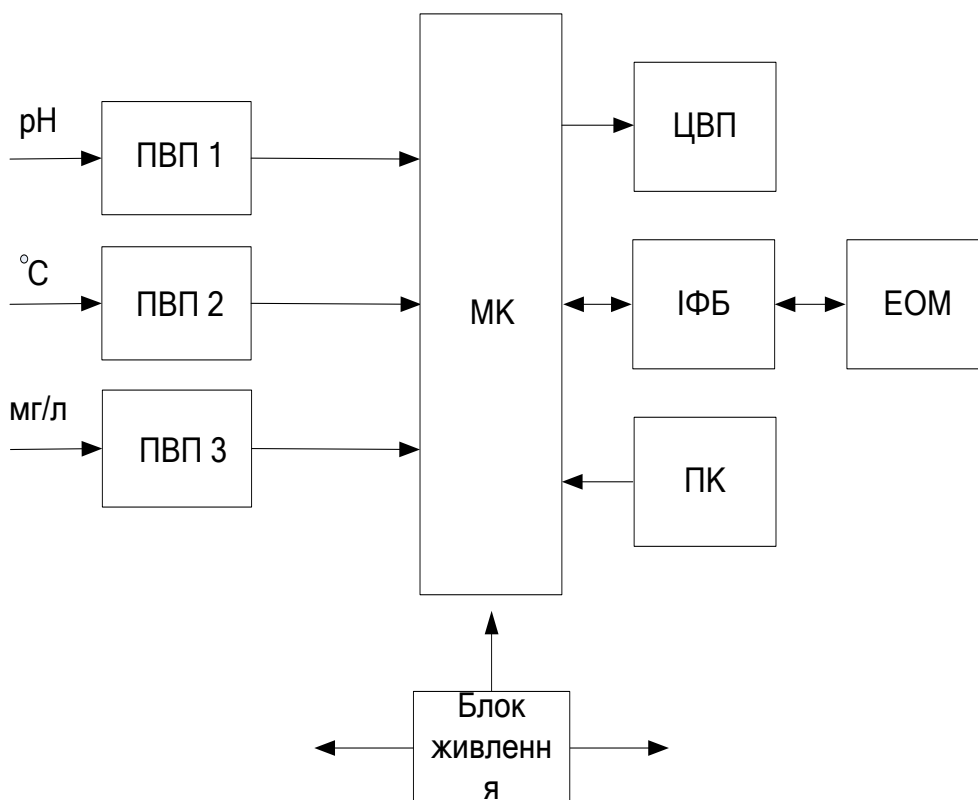


Рис. 1 – Структурна схема цифрового блоку контролю параметрів середовища у акваріумі

Цифровий блок контролю параметрів середовища у акваріумі має три канали вимірювання: перший вимірює рівень рН, другий – температуру води, третій – розчиненого кисню. До структурної схеми входять такі блоки: ПВП1 – датчик рівня рН; ПВП2 – датчик температури; ПВП3 – датчик розчиненого кисню; МК – мікроконтролер, цей блок контролює, синхронізує, обробляє отриману інформацію, відправляє її на цифровий відліковий пристрій та передає її до запам'ятовуючого пристрою і до ЕОМ; ІФБ – інтерфейсний блок, призначений для забезпечення можливості обміну інформацією між мікроконтролером та ЕОМ; ПК – пульт керування; ЦВП - цифровий відліковий; Блок живлення – забезпечує живлення усіх компонентів вимірювача.

У якості датчика температури обираємо багатокрапковий датчик температури ТЕМП-01, вимір температури здійснюється цифровими датчиками (розміщеними усередині чутливого елемента). Перетворювачі температури можуть бути об'єднані в локальну мережу з інтерфейсом RS-485, що дозволяє підключити без повторювачів сигналу до 32 приладів на одну лінію зв'язку.

У якості датчика рН обираємо цифровий датчик рН Endress+Hauser серії Memosens CPS31D. Присутність трьох діафрагм гарантує його придатність в умовах мінімальної провідності. Датчик гарантує якість води плавальних басейнів відповідно до вимог і приємний смак питної води. Завдяки цифровій технології Memosens датчик CPS31D сполучить простоту процесу вимірів і доступність використання.

У якості датчика розчиненого кисню обираємо датчик Охутах COS41[3].

Після включення і початкових налаштувань мікроконтролера відбувається вимірювання по черзі на першому, другому, третьому каналах. Дані порівнюються з уставками та при необхідності вмикається система зливу/заливу води для врівноваження рівня рН, вмикається додаткова аерація та фільтрація для насичення киснем або для перемішування води.

Обрано 8-розрядний мікроконтролер Атмега8. У нього є внутрішній кварцовий генератор. Для стабільної роботи обраного МК з ЕОМ необхідно встановити зовнішній кварцовий резонатор на 16 МГц. Для підключення МК до ЕОМ необхідно встановити мікросхему стандартного інтерфейсу RS 485 та перетворювач інтерфейсу RS 485 у USB. Для встановлення і вибору режиму необхідно 7 кнопкових перемикачів. При необхідності інформація може виводитися на цифровий індикатор.

Список літератури:

1. Вода в акваріумі // [http://uk.shram.kiev.ua.](http://uk.shram.kiev.ua;);
2. Свойства воды // [http://aquariumhome.narod.ru.](http://aquariumhome.narod.ru;);
3. Преобразователи, датчики, сенсоры // <http://sensorse.com>.

ЦИФРОВИЙ ВИМІРЮВАЧ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИНА

Григоренко І.В.¹⁾, Сікора Н.С.²⁾
^{1), 2)} *НТУ «ХПІ», м. Харків вул. Фрунзе, 21*

Необхідність роботи виникла через те, що обсяги виготовлення вина з плином часу збільшуються. Раніше вино виготовляли в глиняних або дерев'яних бочках, які знаходились в підвальних приміщеннях. В такий спосіб дуже складно, а інколи навіть неможливо контролювати деякі параметри. Раніше вино виготовлялось в глиняних бочках, в невеликих резервуарах, де не була потрібна велика кількість обладнання та контроль над якістю. Вино було результатом бродіння винограду й все. Зараз є необхідність саме в тому, щоб проконтролювати весь процес від початку до кінця. Контроль та перевірка якості виноматеріалу на всіх етапах виробництва гарантує якісне та смачне вино на полицях та столах в кожному будинку. Основними параметрами для контролю є температура, вміст цукру та алкоголю виноматеріалу в процесі виробництва.

Вино (від лат. Vinum та італ. Vino – виноград, виноградний напій) – легкий алкогольний напій, вироблений з винограду, міцність якого набувається внаслідок спиртового бродіння свіжевичавленого виноградного соку [1]. Оптимальною температурою бродіння вважається $(27 - 30)^{\circ}\text{C}$, що забезпечує найкраще екстрагування фарбувальних, фенольних і ароматичних речовин. Характерну забарвлення, терпкість і повноту виноматеріалів забезпечують $(1,5 - 2,0)$ г / л фенольних речовин, в тому числі $(500 - 600)$ мг / л антоціанів, тому, якщо виноград має підвищений технологічний запас цих речовин Структурна схема цифрового вимірювача параметрів технологічного процесу виготовлення вина наведена на Рис. 1.

Цифровий вимірювач параметрів технологічного процесу виготовлення вина має шість каналів вимірювання: перший вимірює вміст цукру та алкоголю вина в резервуарі, з другого по шостий - температуру вина в резервуарі.

До структурної схеми входять такі блоки: ПВП1, ПВП2, ПВП3, ПВП4, ПВП5, ПВП6 - первинні вимірювальні перетворювачі. Вони призначені для виробки сигналів вимірювальної інформації в формі, зручній для передачі, подальшого зберігання чи обробки:

ПВП1 – промисловий рефрактометр [2], який призначено для контролю вмісту цукру та алкоголю в виноматеріалі.;

ПВП2 – ПВП6 - датчик температури багатокрапковий, який призначений для контролю температури на різних глибинах та у різних точках резервуару х виноматеріалом одночасно. Через властивості й характеристики датчика ДТМ2 ми обрали саме його[3]. МК – мікроконтролер. необхідний для обробки вимірювальної інформації,

керування даною інформацією, забезпечення обміну даними між окремими частинами схеми та зовнішніми пристроями, відображає інформацію на ЦВП. ПК – пульт керування. Дає змогу оператору здійснювати контроль та управління роботою МК, виконує початкове налаштування мікроконтролера, та забезпечує його скидання. ЦВП - цифровий відліковий пристрій для відображення інформації у зручному для оператора вигляді. Г – генератор стабільної частоти для забезпечення роботи МК.

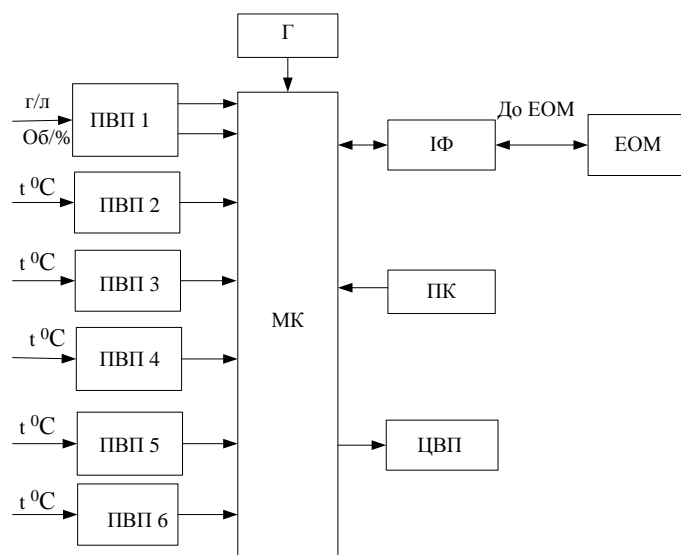


Рисунок 1 – Структурна схема

Після включення приладу і подачі на мікроконтролер (МК) керуючого сигналу з пульта керування (ПК) відбуваються початкові настройки МК. Наступним кроком відбувається власне вимірювання по черзі на першому, другому, третьому, четвертому, п'ятому та шостому каналах значень вмісту цукру, алкоголю. Коди обробляються в МК, результат поступають на ЕОМ, якщо данні не передаються до ЕОМ, то результат поступає на цифровий відліковий пристрій. МК переходить в режим очікування і очікує з ЦВП сигналу на наступне вимірювання. Якщо керуючий сигнал поступає, то повертаємось до режиму вимірювань, повторюючи їх до тих пір, доки не буде припинена робота МК. Якщо з ЦВП поступає сигнал вимкнути прилад, то робота вимірювача припиняється. При наявності такої системи на всіх, або більшості, заводах дозволить контролювати якість виноматеріалу на всіх етапах, що зробить вино більш смачним та насиченим.

Список літератури

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki>.
2. <http://econix.com/catalog/refraktometry>.
3. <http://aurora-oil.ru/sku/kontrolno-izmeritelnoe-oborudovanie>.

СИСТЕМА БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ З МІКРОПРОЦЕСОРНИМИ ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИЛАДАМИ

Дубровський Є.С., Кайдалов О.Л., Лисенко В.В., Павлюк Г.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

61002, вул. Фрунзе 21, м. Харків, Україна, lvv@kpi.kharkov.ua

В 2016 році світ інформаційних технологій активно розвивається і цей світ рухається в бік автоматизації вимірювальних процесів та бездротових технологій передачі даних. Набуває популярності термін «Інтернет речей», щоденно збільшується кількість пристроїв що мають вихід до глобальної мережі Інтернет. Разом з цим існує потреба віддаленого моніторингу показників вимірювальних приладів. Для вирішення цієї задачі пропонується програмно-апаратна система, що виступає в ролі веб-інтерфейсу для мікропроцесорних вимірювальних приладів.

Апаратна частина системи представляє собою пристрій (структурна схема представлена на рисунку 1) що живиться від мережі 220 В, та включає в себе процесор з ядром від і8051, SPI FLASH об'ємом 512 кБ, антену, модуль перетворення логічних рівнів для передачі або прийому даних з вимірювального приладу по інтерфейсу UART \ RS-232 [1]. Також до складу пристрій входить реле для керування подачею напруги на вимірювальний прилад та набір світлодіодних індикаторів.

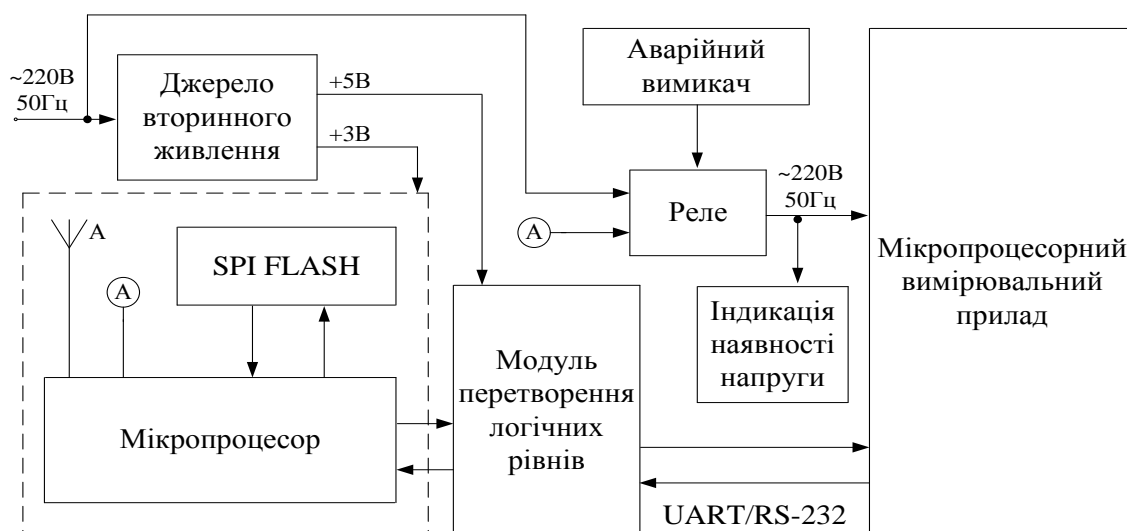


Рисунок 1 – Структурна схема системи.

Модуль підтримує стандарти IEEE 802.11b/g/n і працює на стеку TCP/IP [2]. При відсутності сигналу від мікропроцесорного вимірювального приладу певний час, модуль повідомляє серверу про обрив зв'язку. Модуль має можливість надсилати дані не тільки по запиту, а й з певним періодом без запиту, в залежності від встановленої прошивки та конфігурації на сервері. Вимірювальний мікропроцесорний прилад може надсилати дані у будь-якому вигляді, тому що парсинг виконується на сервері по заданому шаблону. Завдяки наявності SPI FLASH з'являється можливість завантажувати нове програмне забезпечення до модуля дистанційно (FOTA – Flashing Over The Air, Програмування через повітря), для цього потрібно умовно розділити флеш пам'ять на дві частини (представлено на рисунку 2) та попередньо завантажити службові бінарні файли, після цих маніпуляцій можливо багаторазове дистанційне перепрограмування [3].

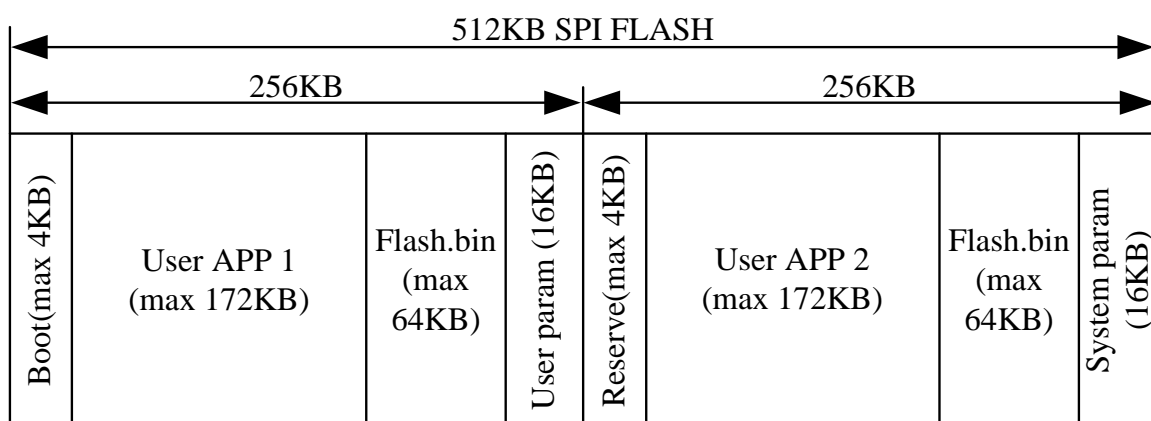


Рисунок 2 – Поділ SPI FLASH пам'яті.

Програмна частина це сервер який «спілкується» зі всіма модулями в локальній мережі (за умови наявності в мережі Wi-Fi), та «віддає» веб-інтерфейс з котрого користувач має можливість зчитувати або посилати дані, конфігурувати шаблони парсингу або запису даних чи команд до вимірювального приладу і найголовніше користувач має можливість завантажувати нову прошивку до модулів дистанційно з веб-інтерфейсу.

Список літератури

1. М. Предко. Руководство по микроконтроллерам. Том 1. Москва: Постмаркет, 2001. – 416 с.
2. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2012. — 960 с. : ил. ISBN 978-5-459-00342-0
3. Neil Kolban. Kolban's Book on ESP8266. Texas, USA, 2016 – 410 p.

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТВЕРДОСТІ ЖИРІВ

Кондрашов С.І., Завада І.Ю.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, Україна

Одним з найважливіших завдань харчової промисловості є забезпечення населення якісними харчовими продуктами, зокрема жирами, олійно-жирової промисловості, що серед підприємств по виробництву харчових продуктів складає 10-13 %. Зростаючі вимоги до рівня якості продукції обумовили появу сучасніших методів визначення властивостей жирів [1].

Методи визначення твердості засновані на вимірюванні деформації випробуваного матеріалу під дією навантаження у стандартних умовах [2]. Зараз для вимірювання твердості використовують прилад Камінського. Твердомір Камінського становить собою нерівноплечі терези. Проведено теоретичний аналіз фізико-механічних властивостей приладу Камінського, який показав, що має місце залежність похибок приладу від кута нахилу коромисла, а також внаслідок розміщення центру маси приймача води над віссю коромисла воно принципово знаходиться в стані нестійкого рівноваження, і під час роботи завжди має місце похибка від невірноваженої частки маси приймача води та самої води у ньому. Проведено експериментальне дослідження його характеристик, яке показало, що у теперішній час вони не задовольняють вимогам сучасної бази.

Розглянута схема нового приладу для вимірювання структурно-механічних властивостей жирів, це також не рівноплечі ваги, у яких вузол різання зафіксований в направляючих, а врівноваження здійснюється переміщенням механічним приводом грузу.

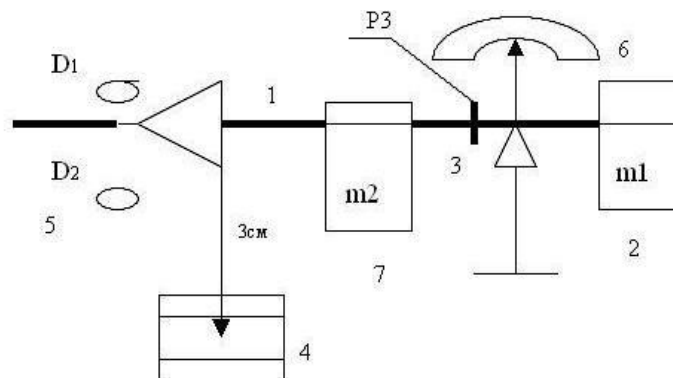


Рисунок 1 – Схема приладу для вимірювання твердості жирів

На рисунку 1 представлено схему ПВТЖ, яка складається з наступних вузлів: 1 – коромисло, 2 – протизваги, 3 – вантаж тонкого регулювання, 4 – охолоджувальна камера, 5 – датчики, 6 – ходового гвинта, 7 – вантажу, що

переміщується ходовим гвинтом за допомогою крокового двигуна. Зразок жиру знаходиться у спеціальній кюветі, що закладається у охолоджувальну камеру – 4. За допомогою противаги – 2 та вантажу тонкого регулювання – 3 врівноважується коромисло – 1 з закріпленими на ньому пристроями. Таким чином забезпечується компенсація усіх сил, що можуть діяти на зразок жиру.

Представлена схема електронного забезпечення, а також виконано його розрахунок, наведено калібрувальну характеристику та експериментальні дані. Калібрування виконувалося для діапазону вимірювань твердості від 10 г/см до 500 г/см, або в перерахунку на зусилля різання від 60 г до 1500 г. На рисунку 2 приведено калібрувальну залежність. Таким чином, калібрувальна характеристика є лінійною функцією переміщення вантажу.

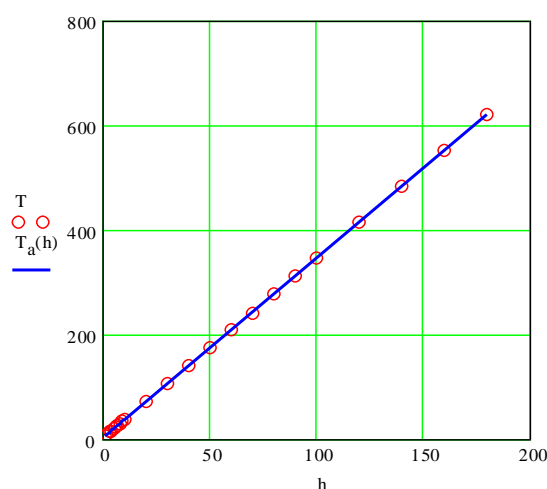


Рисунок 2 – Калібрувальна характеристика

Розроблена конструкція ПВТЖ забезпечує зручність експлуатації, лінійність калібрувальної характеристики і усунення основних систематичних похибок.

Визначення твердості жиру відноситься до опосередкованих методів вимірювань. У зв'язку з відсутністю стандартних зразків та зразкових засобів вимірювання твердості жирів випадкова складова похибки може визначатися по експериментальним даним, одержаним при повторних вимірюваннях зразків, у сукупності охоплюючих весь діапазон вимірювань приладу [3].

Список літератури

1. Нечаев А.П. Требования к уровням качества в масложировой промышленности. / Нечаев А.П. – Масложировая промышленность. – № 3. – 2005. – С. 20-24.
2. Николаев Б.А. Измерение структурно-механических свойств пищевой продукции. / Николаев Б.А. – М. : Экономика, 1964. – 224 с.
3. Бегунов Н.А. Метрологическое обеспечение производства пищевой продукции / Бегунов Н.А. – С-П. : МП "Издатель", 1992. – 288 с.

АНАЛІЗ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ДИНАМІЧНИХ СИГНАЛІВ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Кропачек О.Ю.¹⁾, Мигущенко Р.П.²⁾, Шапов П.Ф.³⁾, Луценко Л.В.²⁾

¹⁾ *Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра теоретичних основ електротехніки, вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002;*

²⁾ *Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра «Інформаційно-вимірювальних технологій і систем», вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002*

³⁾ *Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра промислової та біомедичної електроніки вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002;*

Синтез будь-якої діагностичної системи неминуче стикається з проблемами, які стосуються отримання вірогідних значень контрольованих параметрів та їх обробки, і в першу чергу з:

- невизначеністю характеристик вимірювально-інформаційних сигналів;
- структурними властивостями функціонування діагностичних систем;
- алгоритмічними властивостями функціонування діагностичних систем.

Для підвищення вірогідності контролю в системах діагностики складних промислових об'єктів необхідно здійснити аналіз по вказаним питанням.

Невизначеність характеристик інформаційно-вимірювальних сигналів. Інформаційні властивості випадкових контрольованих фізичних сигналів прямо впливають на величину вірогідності контролю [1]. Під цим розуміють ступінь об'єктивної відповідності результату контролю дійсному технічному стану об'єкта. Аналіз ступеню впливу контрольованих параметрів на якість діагностики не може бути виконаним без наявності відповідної моделі інформаційного сигналу та методології його обробки.

Формування номінальних значень вихідних вимірювально-інформаційних сигналів при наявності стандартних зразків об'єктів контролю та діагностики або їх фізично реалізованих моделей є досить тривіальною задачею, особливо тоді, коли динамічні властивості моделей сигналів стаціонарні і мають адекватний математичний опис. У цьому випадку подолання апріорної невизначеності сигналів досягається структурно-алгоритмічними методами адаптивної перебудови в функціонуванні діагностичної системи. Але поява будь-якої нестационарності в сигналі (наприклад, через порушення нормативних режимів або умов експлуатації) переводить модель цього сигналу в клас

дифузних об'єктів, погано організованих [2]. При цьому стандартні зразки таких моделей відсутні, а апріорна невизначеність характеристик велика. Синтез математичних моделей контрольованих параметрів стає проблемною задачею. Невідповідність сигналу його моделі неминуче породжує зміщення номінальних значень і підвищення методичної складової помилки діагностики.

Зниження впливу методичної помилки діагностики досягається застосуванням апарату статистичної обробки сигналів. В табл. 1.1 представлена загальна класифікація методів статистичної обробки сигналів контролю і діагностики [3].

Таблиця 1 – Загальна класифікація методів статистичної обробки сигналів контролю і діагностики

Методи статистичного аналізу					
Методи параметрового аналізу				Методи непараметрового аналізу	
Дисперсійні	Кореляційні	Регресійні	Спектральні	Непараметричного розпізнавання образів	Інтелектуального розпізнавання

Список літератури

1. Таланчук П. М. Засоби вимірювання в автоматичних інформаційних та керуючих системах: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / П. М. Таланчук, Ю. О. Скрипник, В. О. Дубровський. – К. : Райдуга, 1994. – 672 с.
2. Цапенко М. П. Измерительные информационные системы: структуры и алгоритмы, системотехническое проектирование: учеб. для ВУЗов / М. П. Цапенко. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 440 с.
3. Муляров В. В. Метод і прилад контролю параметрів технічного стану багатозонних агрегатів з виробництва рослинної олії: дис. канд. техн. наук: 05.11.13 / В. В. Муляров. – Харків, 2013. – 168 с.

ДИАГНОСТИКА ГРМ ДВС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Лавриненко О.В.

Национальный технический университет

"Харьковский политехнический институт"

кафедра теоретических основ электротехники,

ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, lavrinol2004@gmail.com

Статистическая теория распознавания образов (СТРО) – научное направление технической кибернетики, которое занимается разработкой формальных (математических) методов распознавания объектов статистической природы [1]. В качестве объектов исследования могут быть объекты самой различной физической природы. При решении задачи диагностики газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания (ГРМ ДВС) такими объектами являются классы его технического состояния.

Основные понятия СТРО:

- классы технического состояния в векторном пространстве, при геометрической интерпретации структурных параметров объекта диагностирования занимают определенные компактные области;

- классы технического состояния, определенные в векторном пространстве структурных параметров, отображаются на векторное пространство диагностических параметров, в котором также занимают определенные компактные области;

- классы технического состояния имеют статистическую природу и формально их положение в пространствах структурных и диагностических параметров описывается законами распределения плотностей вероятности вектора x .

- располагая описанием статистических распределений классов в пространстве диагностических признаков, можно на основе методов СТРО строить решающие правила классификации, которые при проведении диагностики ГРМ ДВС дают оптимальные результаты.

Основой теории является теорема Байеса, определяющая апостериорную вероятность принадлежности вектора диагностических признаков к классам его технического состояния:

$$P(\omega_i/x) = \frac{P(\omega_i)f(x/\omega_i)}{f(x)}, \quad (1)$$

где $P(\omega_i)$ – априорная вероятность принадлежности вектора диагностических признаков x к классам технического состояния ω_i ; $f(x/\omega_i)$ – условная плотность распределения вероятностей вектора x ,

соответствующая классу ω_i ; $f(x)$ – взвешенная плотность распределения вероятностей вектора x по всем классам.

Плотность распределения вектора диагностических признаков согласно закону нормального распределения запишем в виде:

$$f(x/\omega_i) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}k} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} \exp \left[-\frac{1}{2} (x - \mu)^t \Sigma^{-1} (x - \mu) \right], \quad (2)$$

где k – размерность вектора наблюдений x ; μ – вектор математических ожиданий распределений признаков класса ω_i ; Σ – матрица ковариаций признаков класса ω_i ; $|\Sigma|$ – определитель ковариационной матрицы признаков класса ω_i ; t – символ транспонирования матрицы; $^{-1}$ – символ обращения матрицы.

Таким образом, для классификации технического состояния ГРМ ДВС необходимо располагать:

1. Априорной вероятностью появления того или иного класса его технического состояния.

2. Статистическим описанием плотности распределения каждого класса в пространстве диагностических признаков его технического состояния.

В пространстве диагностических признаков может существовать только один эталонный класс нормального технического состояния объекта и множество классов, имеющих те или иные нарушения

Основой для алгоритмизации процесса диагностирования является правило максимального правдоподобия [2], пороговое условие которого предполагает равными апостериорные вероятности принадлежности x к тому или иному классу неисправностей

$$P(\omega_i/x) = P(\omega_j/x), \quad i \neq j. \quad (3)$$

На основе этого правила строится дискриминантная функция и решающее правило классификации неисправностей ГРМ ДВС.

Список литературы

1. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов/ К. Фукунага Пер. с англ.– М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979, 368 стр.
2. Левин М.И., Обозов А.А. Применение методов статистической теории распознавания образов при синтезе алгоритмов диагностирования малооборотных дизелей// М.И. Левин, А.А. Обозов Двигателестроение. 1986. №5. – С.15-18,24.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА КОНТРОЛЮ ВІБРАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ

Мигущенко Р.П., Реброва О.М., Коржов І.М.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра «Інформаційно-вимірювальних технологій і систем», вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002

Для діагностики та контролю вібраційних об'єктів останнім часом почали використовувати неперервне вейвлет перетворення. У [1] запропоновано метод перетворення первинної вимірювальної інформації в логічні висновки про технічний стан об'єкту з використанням неперервного вейвлет-перетворення послідовності $\{x_k\}^N$ результатів вимірювання випадкового вібросигналу $X(t)$ за допомогою математичної моделі:

$$W_{g_n}(a_i, b_j) = \frac{a_i}{\sqrt{C_{g_n}|a_i|}} \sum_{k=1}^N x_k \left[g_{n-1}\left(\frac{t_{k-1}-b_j}{a_i}\right) - g_{n-1}\left(\frac{t_k-b_j}{a_i}\right) \right], \quad (1)$$

де $W_{g_n}(a_i, b_j)$ – вейвлет-коефіцієнти, які вираховані за допомогою гаусівського вейвлету n -го порядку; $g_{n-1}(t)$ – гаусівський материнський вейвлет $(n-1)$ -го порядку; C_{g_n} – нормувальний множник; x_k – відліки реалізації $X(t)$ в моменти часу t_k , $k = \overline{1, N}$.

Отримані вейвлет-коефіцієнти утворюють тривимірні вейвлет-зображення які містять інформацію щодо локальних змін математичного сподівання вейвлет-коефіцієнтів по осям масштабу a та зсуву b . Оцінка таких змін проводиться послідовностями частинних регресій, окремо по вказаним осям. Заміна тривимірних вейвлет-зображень множинами двовимірних моделей:

$$\{V_{jl} = F_a[a_j | b_l = \text{const}] + \delta_{jl}\}_{l=1}^L;$$

$$\{V_{jl} = F_b[b_l | a_j = \text{const}] + \varepsilon_{jl}\}_{j=1}^J,$$

де F_a і F_b – не випадкові функції (тренди); δ_{jl} і ε_{jl} – випадкові величини (випадкові залишки).

Функції F_a і F_b оцінені шляхом представлення їх послідовностями лінійних регресій з випадковими коефіцієнтами.

Результати математичного моделювання показали ефективність оцінювання, за геометричною відстанню між діагностованими станами, інформативності F -статистик вейвлет-перетворених вібросигналів та дозволили розробити методику формування оптимальної розмірності простору F -статистик, що забезпечує мінімум ймовірності помилки діагностики другого роду або максимум потужності правила прийняття рішення.

Використання запропонованого методу перетворення первинної

вимірювальної інформації в логічні висновки про технічний стан об'єкту з використанням неперервного вейвлет-перетворення потребує значних обчислювальних потужностей та передбачає наявність стаціонарних ЕОМ, що обумовлено отриманням надмірної кількості вейвлет-коефіцієнтів (набагато більше ніж відліків первинного вібросигналу), це значно ускладнює проведення діагностики об'єкту у місці його експлуатації, особливо у випадках проведення діагностики об'єкту в польових умовах.

Для вирішення цієї проблеми авторами пропонується застосування дискретного вейвлет перетворення замість неперервного вейвлет перетворення, яке не потребує великих обчислювальних потужностей та може бути реалізоване на сучасних мікропроцесорних рішеннях. Зменшення обчислень обумовлено використанням фільтрів з різними частотними зрізами для аналізу сигналу на різних масштабах. Первинний вібросигнал пропускається через деревовидне з'єднання високочастотних та низькочастотних фільтрів, при цьому роздільна здатність сигналу, що є мірою кількості детальної інформації, змінюється за рахунок фільтрації сигналу, а масштаб змінюється за рахунок децимації та інтерполяції. Децимація відповідає зниженню частоти дискретизації, а інтерполяція, навпаки – збільшенню частоти дискретизації первинного вібросигналу. Після проходження сигналу через кожен фільтр проводиться децимація, тобто прорідження сигналу (кожен другий відлік відкидають), таким чином сигнал проходить через фільтрацію та децимацію до тих пір поки не залишиться два відліки. Використання такого алгоритму призводить до отримання вейвлет-коефіцієнтів кількості яких дорівнює кількості відліків первинного вібросигналу, при цьому можливо відкинути вейвлет-коефіцієнти значення яких не значні без значного спотворення сигналу, так як вони вказують на низьку енергетику відповідних частотних смуг в первинному сигналі [2].

Очікуваний ефект від заміни неперервного вейвлет перетворення на дискретне вейвлет перетворення формулюється у значному зменшенні необхідних обчислювальних потужностей та часу обробки сигналу при збереженні отриманого раніше показника ймовірності помилки діагностики другого роду. Для підтвердження очікуваного ефекту необхідне додаткове моделювання.

Список літератури

1. Мигущенко Р.П. Методи і пристрої систем багатопараметрової функціональної діагностики вібраційних об'єктів (теоретичні основи та впровадження) [Текст]: автореф. дис. ...д-ра тех. наук: 05.11.13 / Мигущенко Руслан Павлович; Харків. НТУ «ХПІ». – Х., 2015. – 32 с.

2. Polikar R. The engineer's ultimate guide to wavelet analysis the wavelet tutorial / R. Polikar – Iowa State University – 2006. – 79 p. – Режим доступу: <http://www.autex.spb.su/download/wavelet/books/tutorial.pdf> – Назва з екрану.

КОРЕКЦІЯ КОЕФІЦІЄНТУ ПОТУЖНОСТІ

Опришкіна М.І., Вежичанін Р.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, Україна*

У роботі розглянуті засоби підвищення коефіцієнту потужності, регульовані та нерегульовані установки, детально розглядається коректор коефіцієнту потужності. Розроблено функціональну та принципову схему активного коректору коефіцієнта потужності типу «boost converter».

Один з ефективних способів вирішення задачі зменшення зсуву фаз – застосування коректорів коефіцієнта потужності PFC (Power Factor Correction). Зазвичай розробниками використовуються дві методики при проектуванні рішень на основі ККП. Вибір однієї з них залежить від того, чи працюєте ви з «малопотужними» або «потужними» системами. Ефективна номінальна потужність, за якої методики поділяються на дві, в деякій мірі відображає специфіку застосування, і такі фактори як повітряний потік і обсяг системи відіграють критичну роль, при визначенні до якої з методик перейти. Тим не менш, пристрої, у яких номінальна потужність перевищує 400 Вт, класифікують як «потужні» для здійснення ККП. В обох випадках використовується фактичне рішення на основі ККП: воно ґрунтуватиметься на компромісі між робочими характеристиками (щільність потужності, що розсіюється і ККД) і ціною.

Коефіцієнт потужності (Power Factor) – параметр, що характеризує спотворення, створювані навантаженням (в нашому випадку - джерелом вторинного електроживлення) в мережі змінного струму. Коефіцієнт потужності виражається у вигляді десяткового дробу, значення якої лежить в межах від 0 до 1. Його ідеальне значення - одиниця (для порівняння, типове імпульсне джерело живлення без корекції має значення коефіцієнта потужності близько 0,65), 0,95 – гарний показний; 0,9 – задовільний; 0,8 – незадовільний [1,2]. Застосування корекції коефіцієнта потужності може збільшити коефіцієнт потужності пристрою з 0,65 до 0,95. Цілком реальні і значення в межах 0,97 – 0,99.

Щоб задовольняти вимогам стандартів щодо рівня нелінійних спотворень і підтримувати високе значення коефіцієнта потужності, в модулях AC/DC перетворювачів, що живлять електронні пристрої зі споживанням понад 50 Вт, необхідно використовувати корекцію коефіцієнта потужності (PFC – power-factor correction) [1,2]. Впровадження коректора дозволяє забезпечити високе значення коефіцієнта потужності і гарантує зниження гармонік в мережі змінного струму. Існує багато схем пасивних і активних коректорів коефіцієнта потужності (ККП), доступних для різних топологій вхідних частин джерел живлення.

Коректори коефіцієнта потужності діляться на два основні типи – пасивні і активні. Пасивний метод корекції найчастіше застосовується в недорогих малоспоживальних пристроях (де не пред'являється строгих вимог до інтенсивності малих гармонік струму). Пасивна корекція дозволяє досягти значення коефіцієнта потужності близько 0,9. Пасивна корекція коефіцієнта потужності полягає в фільтрації споживаного струму за допомогою смугового LC-фільтра. Цей метод має кілька обмежень. LC-фільтр може бути ефективний як коректор коефіцієнта потужності тільки у випадку, якщо напруга, частота і навантаження змінюються у вузькому інтервалі значень. Так як фільтр повинен працювати в області низьких частот (50/60 Гц), його компоненти мають великі габарити, масу і малу добротність (що не завжди прийнятно) [3,4].

Активний метод корекції передбачає наявність перемикаємого з високою частотою (50-200 кГц) комутаційного елемента, який у купі з додатковими елементами забезпечує необхідну форму кривої споживаного струму. Даний метод корекції дозволяє досягти максимального значення коефіцієнта потужності близько 0,99 для пристроїв малої та середньої потужності [4].

Найбільш популярна в даний час схема активного коректора - схема «перетворювача з підвищенням» (boost converter). Ця схема задовольняє всім вимогам, що пред'являються до сучасних джерел живлення. Вона дозволяє працювати в мережах з різними значеннями живлячої напруги (від 85 до 270 В) без обмежень і яких-небудь додаткових регулювань.

Список літератури

1. IEC 555 / Disturbances caused by harmonic currents in electrical equipment.
2. IEC 1000-3-2 (1995) (EN 61000-3-2) / Specifies the limits for harmonic currents created by equipment connected to public low-voltage supply systems.
3. Калачев А. С низким стартовым током: корректоры коэффициента мощности от компании STM / Калачёв А. // Новости электроники. – 2011. – №9. – С. 17-23.
4. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. Издание 2-е. – М. : ДОДЕКА, 2000. – 608с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОМАГНИТНЫХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОВСЯНЫХ ХЛОПЬЕВ

Ордец Е.Н., Дроздова Т.В.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002*

Ни для кого не секрет, что овсяные хлопья – это прекрасное блюдо на завтрак, которое надолго дает ощущение сытости и обогащает необходимыми витаминами и минералами. Но, к сожалению, не все производители могут предоставить качественный продукт.

Закон Украины «Про захист прав споживачів» [1] гласит, что каждый потребитель имеет право на качественную и безопасную продукцию. Одним из способов повышения доверия покупателей, как на мировом, так и на внутреннем рынке, является внедрение Системы управления безопасностью пищевых продуктов (НАССР).

НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points, анализ рисков и критические точки контроля) – это система управления безопасностью пищевых продуктов, которая обеспечивает контроль на абсолютно всех этапах пищевой цепочки, в любой точке производственного процесса, а также хранения и реализации продукции, где существует вероятность возникновения опасной ситуации [2].

Чтобы овсяные хлопья на выходе получились качественными и безопасными для потребителя, они проходят проверку по таким характеристикам: цвет, запах, вкус, влажность (%), зольность (%), кислотность в градусах, сорная примесь (%), развариваемость (мин.), зараженность вредителями, загрязненность вредителями, металломагнитная примесь (мг в 1 кг крупы) [3].

В данной работе рассмотрим один из методов повышения качества продукта – определение металломагнитных примесей.

Сущность метода в соответствии с ГОСТ 20239-74 [4] заключается в выделении металломагнитной примеси (частиц металлов, руды и т.п., обладающих магнитными свойствами) магнитом механизированным способом или вручную, последующем взвешивании и измерении ее частиц.

Определим металломагнитные примеси механизированным способом:

1. Выделение металломагнитной примеси. Навеску продукта массой $(1000 \pm 1,0)$ г высыпаем в загрузочный бункер прибора и включаем тумблером прибор. После перемещения через экран всего продукта снимаем переднюю крышку прибора и, придав экрану горизонтальное положение, снимаем экран с блока магнитов. Металломагнитную примесь

вместе с пылевидными частицами продукта стряхиваем с экрана на лист белой бумаги. Экран очищаем кисточкой и устанавливаем его в прибор. Продукт из приемного бункера вновь засыпаем в загрузочный бункер и повторяем операцию выделения металломагнитной примеси.

2. Измерение металломагнитных примесей. Крупные частицы металломагнитной примеси переносим с помощью деревянной палочки на предметное стекло, помещаем его на столике прибора и включаем тумблером прибор. По контурам частиц на экране определяем размер крупных частиц или частиц с острыми концами и краями.

3. Если необходимо установить, являются ли измеренные и взвешенные крупные частицы металломагнитной примеси полностью металломагнитными, их переносим в тигель и оплавленной стеклянной палочкой раздавливаем, а затем, высыпав на пластину, проверяем магнитом их свойства.

4. Содержание металломагнитной примеси выражаем в миллиграммах на 1 кг продукции. Результаты определения округляем до целого числа [4].

В соответствии с ГОСТ 21149-93 «Хлопья овсяные. Технические условия», норма металломагнитной примеси не должна превышать значение 3 мг на 1 кг крупы при размере отдельных частиц в наибольшем линейном измерении не более 0,3 мм и (или) массой не более 0,4 мг. Если же размер и (или) масса отдельных частиц более указанных выше значений, то они недопустимы.

Таким образом, руководствуясь данным методом, мы можем определить и очистить овсяные хлопья от металломагнитных примесей и повысить качество данного продукта.

Список литературы

1. Конституція України. Закон України «Про захист прав споживачів» № 1023-XII від 12.05.1991.: прийнято Верховною Радою УРСР 12 травня 1991 року. – Київ. – 38 с. – (Серія видань «Офіційний документ»).

2. Національний стандарт України. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга: ДСТУ ISO 22000:2007 (ISO 22000:2005, IDT). – Видання офіційне. – Київ: ДП«УкрНДНЦ»: Держспоживстандарт України, 2007. – 31 с.

3. Хлопья овсяные. Технические условия : ГОСТ 21149-93. – Изд. офиц. – Минск : ИПК Издательство стандартов : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 6 с. – (Межгосударственный стандарт).

4. Мука, крупа и отруби. Метод определения металломагнитной примеси : ГОСТ 20239-74. – Изд. офиц. – М. : Стандартиформ, 2007. – 3 с. (Межгосударственный стандарт).

**О.Б. БРОН – ЗАСНОВНИК НАПРЯМУ НИЗЬКОВОЛЬТНОГО
ЕЛЕКТРОАПАРАТОБУДУВАННЯ В УКРАЇНІ
(до 120-річчя зі дня народження)**

Тверитникова О.Є.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, Україна, tveekhpi@ukr.net*

Одним з важливіших наукових напрямів наукової електротехнічної школи Харківського політехнічного інституту (ХПІ) стали дослідження в галузі електроапаратобудування. Розвиток цього напрямку в 1920-ті рр. підтримав випускник Харківського технологічного інституту, доктор технічних наук, відомий вчений-електротехнік – О.Б. Брон. Наукова спадщина вченого дозволяє вважати вченого фундатором досліджень в галузі електроапаратобудування в Україні. Між тим, особистості О.Б. Брона приділено мало уваги. Є деякі окремі біографічні публікації, вченому відведено сторінку на сайті НТУ ХПІ. Мета статті на основі узагальнення архівних матеріалів висвітлити науковий доробок О.Б. Брона, підкреслити його роль у розгортанні наукових досліджень в ХПІ.

Після закінчення фізико-математичного факультету Харківського університету, О.Б. Брон вирішив спеціалізуватися в галузі електротехніки і продовжив навчання на електротехнічному факультеті ХПІ під керівництвом П.П. Копняєва. Практичний досвід вчений набував на Харківському електротехнічному заводі (ХЕМЗ), де очолював лабораторію електричних апаратів. Разом з Б.Ф. Вашурой він займався організацією спеціалізації з електричних апаратів на електротехнічному факультеті та кафедри «Електроапаратобудування» в ХПІ.

Прогнозуючи розширення тематики науково-дослідної роботи в галузі електричних апаратів, професор О. Б. Брон став ініціатором організації лабораторій управління промисловими двигунами і захисної, комутаційної і регулювальної апаратури в ХПІ. Він розробив проекти і продумав необхідне обладнання для нових лабораторій, спираючись на досвід, набутий у Німеччині. Електротехнічні матеріали і електроізоляційні конструкції мали велике значення для розвитку електротехніки. Зростання потужностей електростанцій і ліній електропередавання потребувало надійності роботи електротехнічних установок і експлуатаційних характеристик електротехнічних матеріалів. Внаслідок цього з'явилася потреба у фахівцях нової спеціалізації. У відрядженні 1928 р. О. Б. Брон прослухав курс лекцій і ознайомився з обладнанням лабораторій Вищих технічних шкіл Берліна, Дрездена, Мюнхена, Дармштадта і науково-технічного бюро фірми «Сименс». З 1930 р. на електротехнічному факультеті розпочав викладання дисциплін «Техніка високих напруг», «Основи електроапаратобудування»,

«Технологія електротехнічних матеріалів», використовуючи інноваційні методики. Відзначимо, що і курс з технології електротехнічних матеріалів був вперше запроваджений до навчальної програми ХПІ О. Б. Броном [1].

1940 р. професор О. Б. Брон узагальнив результати теоретичних досліджень конструкцій сильнострумових вимикальних апаратів у докторській дисертаційній роботі. Досліджувана проблема гасіння електричної дуги впливанням на неї магнітного поля була однією з актуальніших на той час у галузі апаратобудування. Рух електричної дуги має вплив на технічні характеристики і надійність апаратів. Електричні процеси, пов'язані з виникненням і рухом дуги, відбуваються дуже швидко (частка секунди). Працюючи впродовж десяти років у лабораторії вимикальної апаратури на ХЕМЗі, учений накопичив експериментальні дані і провів глибоке аналітичне дослідження. Для проведення експериментальної частини дослідів ним була запропонована конструкція швидкісного кінознімального апарата, який застосовувався разом з шестишлейфовим осцилографом. Аналогічні пристрої на той час виробляли лише за кордоном. Провівши аналіз технічних характеристик закордонних апаратів (камера Бойса), О. Б. Брон дійшов висновку, що обмежена кількість знімків (15–24 на хвилину) його не влаштовувала. Він розробив удосконалену конструкцію, завдяки якій можна було прослідкувати 80 000 знімків за секунду. Про результати дослідження було зроблено доповіді на конференціях з мереж високої напруги в Парижі 1935 р. і 1937 р. За результатами цієї роботи О. Б. Броном було отримано п'ять авторських свідоцтв; розроблено новий метод вивчення руху дуги в магнітному полі; проведено впровадження на ХЕМЗі і розпочато виробництво апаратів удосконаленої конструкції на заводах електропромисловості [2, 3].

У роки Другої світової війни О.Б. Брон очолював спеціальну науково-дослідну лабораторію мінно-торпедного інститут військово-морського флоту, де працював разом з І.В. Курчатовим над проблемою розмагнічування кораблів Чорноморського флоту. У повоєнні роки вчений обіймав посаду завідувача кафедри теоретичних основ електротехніки Ленінградського інституту авіаційного приладобудування та заочного політехнічного інституту.

Науковий доробок професора О.Б. Брона це понад 325 наукових робіт и 76 винаходів. Його праці з використання рідинного охолодження електричних апаратів є новаторськими не тільки в Україні, а й в світі.

Список літератури

1. Тверитникова О.Є. Нариси історії розвитку прикладних технічних наук в Україні. З досвіду Харківського політехнічного інституту: монографія / О. Є. Тверитникова, Н. І. Посвятенко, Т. В. Мельник / за загал. ред. Е. К. Посвятенка. – Х. : НТУ «ХПІ», 2015. – 272 с.
2. Державний архів Харківської області.
3. Архів НТУ «ХПІ».

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ФОРСУВАННЯ ВИПРОБУВАНЬ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ПІДШИПНИКОВИХ ОПОР

Ткачук А.А., Мороз С.А., Лапченко Ю.С.
Луцький національний технічний університет,
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43000
<http://lutsk-ntu.com.ua/uk>

В результаті аналізу причин втрати працездатності вузлів і механізмів машин встановлено, що близько 75% відмов спричинено зношенням їх вузлів кочення. В ході розв'язання практичних задач оцінки довговічності вузлів кочення необхідно мати достовірні значення параметрів математичних моделей процесу зношування. Значення параметрів існуючих математичних моделей, які застосовуються для характеристики процесу зношування, носять наближений характер і не можуть застосовуватись для достовірної оцінки надійності підшипникових вузлів.

У зв'язку з цим виникає необхідність розвитку і уточнення питань визначення параметрів математичних моделей процесу зношування, оцінки зносостійкості підшипників кочення і створення методів оцінки надійності фрикційних вузлів, придатних для практичного застосування.

Для попереднього розрахунку зносостійкості підшипників зазвичай використовується формула (1):

$$h = \left(\frac{C}{Q} \right)^{\frac{10}{3}} \frac{1}{n}, \quad (1)$$

де h – зносостійкість, год; n – частота обертання, об/хв; C – коефіцієнт роботоспроможності або умовне радіальне навантаження, при якому партія ідентичних підшипників з нерухомим зовнішнім кільцем пропрацює одну годину з частотою 1 об/хв з регламентованою надійністю на рівні 90%.

Поряд з цим згідно до міжнародних стандартів ISO рекомендується застосовувати методи розрахунку довговічності підшипників, при яких розрахунок номінальної довговічності проводиться за формулою (2):

$$L_h = \left(\frac{C}{Q} \right)^P \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}, \quad (2)$$

де L_h – термін роботи підшипників, під час якого не менше 90% серії досліджуваних підшипників при регламентованих умовах повинні відпрацювати без появи ознак втоми металу; C – динамічна стійкість, тобто постійне радіальне навантаження, яке спроможна витримати група підшипників (з нерухомим зовнішнім кільцем) протягом розрахункового терміну служби, що визначається 1 млн. обертів внутрішнього кільця; P – степеневий показник: ($P=3$ для кулькопідшипників; $P=10/3$ для роликотпідшипників).

Зазвичай конструкції підшипників розробляються таким чином, щоб при нормальних умовах роботи та при достатній кількості змащувального засобу основною причиною руйнування їх деталей була втома металу. В зв'язку з цим необхідна періодична перевірка відповідності динамічної стійкості підшипників характеристикам наведеним в технічній документації. З метою визначення динамічної стійкості, статичних характеристик, зносостійкості та довговічності розрахунковим нормам пропонується методика форсування підшипникових випробувань за допомогою математичного апарату Вейбулла. Оскільки підшипники виходять з ладу по причині втомного руйнування, в якості основних гіпотез дослідження було використано логарифмічно-нормальний закон розподілу та розподіл Вейбулла [1].

Дослідження виконувались над роликопідшипниками серії 7000 в кількості 25 підшипників з партії на установці ВНИПП-542. Результати випробувань піддавались статистичній обробці за допомогою вказаних законів та порівнювались за критеріями Колмогорова та Пірсона. Проведені експерименти дають право стверджувати, що відмови підшипників загального застосування підпорядковуються двохпараметричному розподілу Вейбулла:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{b}\right)^k}, \quad (3)$$

де $F(t)$ – функція розподілу ймовірностей; k – параметр форми кривої; b – масштабуючий параметр.

В результаті досліджень виявлено, що для форсування випробувань доцільним є застосування граничних навантажень при яких, змінюється природа відмов і можливо виконати перехід від форсованих до нормальних режимів роботи підшипників. Спроби форсування випробувань шляхом збільшення частоти обертання не приводять до адекватних результатів, через те, що збільшення швидкості обертання відносно регламентованого рівня, спричиняє ріст навантаження на сепаратор, що в свою чергу викликає перегрів, які прискорюють вихід з ладу підшипника через причини не пов'язані з процесами втоми. Тому для форсування випробувань підшипників на зносостійкість рекомендується використовувати навантаження, які викликають максимальні контактні напруження σ_{\max} в межах 32000...35000 кгс/см² та частоти обертання $0,5n_{\max}$.

Список літератури

1. Ткачук А.А. Підвищення зносостійкості поверхонь кочення роликопідшипників методами зміцнювально-вигладжувального оброблення : дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Ткачук Анатолій Анатолійович. – Луцьк, 2014. – 180с.

ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС

Тополов І.І., Мішин Д.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

кафедра «Інформаційно-вимірювальні технології і системи»,

вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, igor.i.topolov@gmail.com

Сьогодні на промислових підприємствах вкрай затребувані автоматизовані системи, актуальні інноваційні рішення, які допомагають налагодити ефективний виробничий роботу і в той же час мінімізувати негативний вплив на працівників. Все це сприяло впровадження на підприємства промислових роботів, що відрізняються своєю високою продуктивністю, які не потребують час на відпочинок, а також практично виключають зі своєї роботи помилки. Для того, щоб оцінити поточний стан справ в сфері робототехніки, скористуємось даними IFR (Міжнародної федерації робототехніки). Згідно її прогнозів, у 2016 році планується продати близько 250 000 промислових роботів.

Розвиток виробництва мотивує виробників удосконалювати технічні особливості продукції, що випускається, переходити на нові, більш легкі і в той же час довгострокові матеріали, застосовувати передові технології в розробках. Саме такими особливостями володіють роботи. Відносна простота в експлуатуванні, можливість виконувати монотонні операції, різнопланову роботу. Вони відрізняються високою стабільністю, не потребують навчання. Однією з головних їх особливостей є те, що при необхідності роботизовану техніку можна налаштувати для виконання іншої роботи, змінивши її програму.

У доповіді розглянутий один з можливих варіантів побудови дистанційно-керованого багатоцільового вимірювально-інформаційного комплексу, що представлений у вигляді базової модифікації. Розглянуто принцип роботи, та можливі шляхи контролю необхідних параметрів та забезпечення виконання потрібних функцій, що забезпечують виконання поставлених перед ним завдань, на підставі чого були зроблені наступні висновки:

- досягнуте сполучення максимуму базового обладнання на єдиній несучій мобільній платформі.

- можливість переобладнання базову, у іншу модифікацію без суттєвої зміни конструкції системи, чи блоків її керування, шляхом заміни бортового обладнання, чи його доповнення навісним.

- досягнення максимальної простоти побудови проектного пристрою, при максимальній його ефективності

– широке використання модулів та принципів агрегування, а також рішень запропонованих при проектуванні, забезпечує максимальну живучість пропонованого пристрою

– всі компоненти пристрою не є високотехнологічними, тому пристрій не вимагає дорогого ремонту та спеціального обладнання для його проведення, що дозволяє проводити його в польових умовах при мінімумі необхідного інструмента, та навченості обслуговуючого персоналу.

– використання новітньої технології бездротової передачі інформації – Bluetooth, що в значній мірі дозволяє захистити радіоканал від перешкод та підвищує працездатність робота загалом

До недоліків пропонованого пристрою слід віднести недостатню захищеність від перешкод радіоканалів апаратури прийому/передачі відео/аудіо інформації з камер, а також достатньо малий радіус дії системи, що обмежується відстанню дії Bluetooth адаптера.

Напрямок подальших розробок автори бачать в необхідності оснащення дистанційно-керованих інформаційно вимірювальних комплексів новими системами сприйняття світу для того щоб аналізувати хід виконання завдання і вносити в нього необхідні корективи, а також аналізувати загальну ситуацію, особливо в разі групової взаємодії роботів. При обслуговуванні або спільній роботі з людьми роботи повинні в режимі реального часу сприймати і враховувати емоційний і фізичний стан людини. Щоб досягти цього будуть потрібні нові системи технічного зору, датчики силомоментного очуствлення, біометричні сенсори і методи і моделі розпізнавання образів і оцінювання поведінки.

Список літератури

1. Терентьева Е.И. Анализ современного состояния применения роботов в промышленности / Терентьева Е.И. // Nauka - rastudent. ru. – 2015. – No. 10 (22) / [Электронный ресурс].
2. C. Saeed. Introduction to Robotics. Analysis, Systems, Applications / C. Saeed, B. Niku, 2001г. – 450 с.
3. Мошкин В. И. Техническое зрение роботов / В. И. Мошкин, А. А. Петров, В. С. Титов, Ю. Г. Якушенков. – Г. : Машиностроение, 1990. – 272с.
4. Барсукова А.П. Компоненты и решение для создания роботов и робототехнических систем / А.П.Барсукова – Г.: СОЛОН – Пресс, 2005. – 356 с.
5. Тягунов О. А. Математические модели и алгоритмы управления промышленных транспортных роботов / Тягунов О. А. // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2007. – Т. 5. – № 5. – С. 63-69.
6. International Federation of Robotics – IFR: сайт. – URL : www.ifr.org.
7. Каталог продукции компании «Microchip». – URL : www.Microchip.com.ua.

СИСТЕМА ПРЕЦИЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ ВИТРАТИ ПАЛЬНОГО ДВЗ НА ДОВГОСТРОКОВИХ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАННЯХ

Тополов І.І., Нагула К.О., Чуніхіна Т.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»,

кафедра «Інформаційно-вимірвальні технології і системи»,

вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, igor.i.topolov@gmail.com

Автоматизація технологічних процесів є в даний час одним з найбільш важливих напрямків технічного прогресу. Основою будь-якої системи автоматизації є прилади контролю технологічних параметрів, що визначають хід технологічного процесу. Такими параметрами є: температура, тиск, витрата і кількість, рівень, хімічний склад, концентрація, щільність і т. п.

Очевидно, що правильне виконання технологічних процесів неможливо без розробки достовірних методів вимірювань витрати речовин й єдиних для країни методів контролю точності засобів вимірювань при їхньому проведенні й експлуатації.[1]

Різноманіття й складність вимог, пропонованих сучасною наукою й технікою до характеристик, а також галузям застосування витратомірів, обумовили появу численних і різноманітних методів виміру витрати: електромагнітних, тахометричних, ультразвукових, теплових, іонізаційних та ін.

Кожен із запропонованих методів має ряд переваг, ґрунтуючись на різних методах вимірювання, вимір кількості рідини в великих і малих об'ємах, вимірювання витрати нейтральних або агресивних середовищ й т. п.

Саме цим обумовлюється наявність великої кількості методів вимірювання витрати, а отже й безліч конструкторських рішень цієї проблеми.

Виходячи з вищевикладеного, при виборі методу вимірювання, доцільно й необхідно враховувати умови роботи обраного витратоміра. Зробимо короткий аналіз вищезгаданих методів:

У витратомірах змінного перепаду тиску, що утвориться в результаті місцевої зміни швидкості потоку рідини, що проходить через діафрагму, важко врахувати складні гідродинамічні процеси деформації потоків, що приводять до значного збільшення похибки вимірювання.

У рідинних дифманометрах (принцип сполучених судин), мірою вимірювального перепаду є відносне положення рідини в судинах. До недоліків можна віднести малі верхні межі вимірювання, динамічні помилки, неприпустимість перевантажень по тиску.

У витратомірах постійного перепаду, заснованих на гідродинамічному тиску потоку на поплавця і визиваючи його

вертикальне переміщення виникає необхідність у індивідуальному градуюванні у кожному вимірюваному середовищі.

У турбінних витратомірах на результат вимірювання будуть впливати наступні фактори: в'язкість і щільність вимірюваного середовища, її температура, наявність вузлів зношування.

У електромагнітних витратомірах на результат виміру впливають зважені у вимірюваній рідині пухирці домішок і газу.

У ультразвукових витратомірах, швидкість поширення звуку залежить від фізико-хімічних властивостей вимірюваного середовища.

У оптичних витратомірах основним джерелом похибки являється нерівномірність профілю швидкостей потоку й турбулентні пульсації швидкостей.

У відцентрових витратомірах на похибку вимірювання впливає точність виготовлення геометричного радіуса його осі й швидкість прямування вимірюваного потоку.[2]

На ряді з вищевикладеними, витратоміри зважування інваріантні до впливу таких дестабілізуючих факторів. Основна їхня похибка залежить тільки від точності порівняння з еталоном ваги.

Пропонується система контролю витрати споживаємого ДВЗ пального, на стендових випробуваннях, яка на час вимірювання витрати перемикається на живлення паливом з вертикальної труби прецизійного внутрішнього діаметру. Контроль кількості споживаємого палива знаходиться непрямым методом а шляхом вимірювання зміни тиску у вертикальній трубі. Таким чином маємо можливість контролю витрати палива за термін спустошення вертикальної труби, і не середньо інтегральної витрати, яку пропонують штатні вагові стендові витратоміри, а миттєвої витрати (час одного вимірювання приблизно 0,1 с.). [3,4]

Список літератури

1. Андронов И. В. Измерение расхода жидкостей и газов / Андронов И.В. – М. : Энергоиздат, 1981. – 88 с.
2. Хансуваров К.И. Техніка вимірювання тиску, витрат кількості та рівню рідини, газу та пару / Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. – К. : Наукова думка, 1989. – 86 с.
3. Полулях К.С. Определение оптимальных параметров автогенераторного расходомера / Полулях К.С., Тополов И.И. // Украинский метрологический журнал. – 2002. – № 4. – С.48-50.
4. Полулях К.С. Бигенераторные микропроцессорные измерительные преобразователи / Полулях К.С., Тополов И.И. // Український метрологічний журнал. – 2004. – № 2. – С.46-50.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ВИМІРЮВАЧ ТИСКУ

Шиманов М.М., Кондрашов С.І.
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, Україна*

Об'єкт дослідження – вимірювальний перетворювач тиску.

Мета роботи – провести аналіз існуючих методів та пристроїв вимірювання тиску. Вивчити принципи побудови тензометричних перетворювачів тиску. Розглянути можливі структури вимірювальних перетворювачів. Провести аналіз метрологічних характеристик перетворювача та розглянути основні джерела похибок.

Методи дослідження та апаратура – мостові вимірювальні схеми, операційні підсилювачі сигналів, модулі нормалізації сигналів.

Результатом роботи є функціональна схема, схема електрична принципова вимірювального перетворювача тиску та результати розрахунків похибок перетворювача. Вимірювальний перетворювач може бути використаний у системах вимірювання тиску неагресивного середовища.

Майже 40 % всіх вимірів, виконуваних у науці, промисловості й сільському господарстві, пов'язані з виміром тиску.

Тиск є основним робочим параметром, точність і надійність виміру якого визначає цінність результатів експериментальних досліджень у гідро- і газодинаміці; якість технологічних процесів у хімічній, харчовій і паперовій промисловості; оптимальні режими роботи об'єктів у ракетній техніці й авіації, енергетиці й транспорті; ефективність систем видобутку й переробки нафти й нафтопродуктів.

Вимір тиску і його контроль необхідні не тільки в науці й техніці, але й у практичній медицині. Діагностика стану здоров'я людини вимагає визначення тиску крові, спинномозкової й внутрічерепної рідини, тиску усередині ока. Крім того, лікування ряду захворювань і деякі хірургічні операції, проводять усередині барометричних камер при строго певному тиску [1].

Тензорезистори серед всіх тензометрів знайшли найвище застосування й тому мають найбільше значення [2].

Зміна форми будь-якої деталі, обумовлена впливом зовнішніх і внутрішніх сил, супроводжується перекручуванням (деформацією) її поверхні. Закріплений на цій поверхні тензорезистор сприймає деформацію об'єкта виміру й змінює при цьому свій електричний опір. Зміна опору є мірою виниклої деформації, вона може бути визначена підключеними до тензорезистору приладами. Тензорезистор – пасивний

перетворювач, тому необхідно подавати на нього живлення від електричного джерела напруги, причому для цього можна використати як постійну, так і змінну напругу. Структура обраного тензоперетворювача показана на рисунку 1 [1].

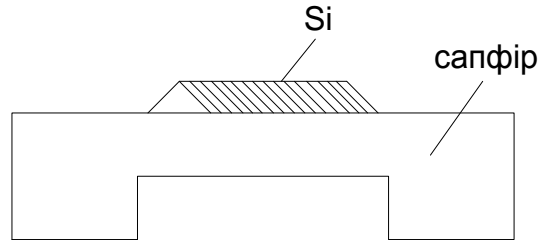


Рисунок 1 – Структура тензоперетворювача

Обраний напівпровідниковий тензоперетворювач напиляється на круглу гофровану мембрану, тому що в плоских мембран при малих товщинах, характеристики нелінійні, а положення нуля нестабільне.

Таким чином, реально існуючі похибки тензоперетворювача визначаються принципом роботи й технологією виготовлення. Тому для створення уніфікованих перетворювачів тиску, що забезпечують повну взаємозамінність при установці в різні агрегатовані комплекси й системи, необхідне налаштування наступних параметрів:

- напруги U_0 (балансування мостової схеми);
- номінальної вихідної напруги (градування);
- дрейфу нуля в заданому діапазоні температури;
- зміна чутливості перетворювача з температурою.

Аналіз існуючих методів виміру статичного тиску показав, що найбільш широке поширення в цей час одержали тензометричні методи.

Серед тензометричних перетворювачів тиску найбільш перспективними є перетворювачі, побудовані на основі напилених напівпровідникових тензорезисторів, розміщених безпосередньо на чутливому елементі.

У роботі наведений опис перетворювача надлишкового тиску, що працює в діапазоні від 0 до 10 Мпа.

Список літератури

1. Хансуваров К.И. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара / Хансуваров К. И., Цейтлин В.Г. – М. : Издательство стандартов, 1990 г. – 287 с.
2. Клопова Н.П. Тензодатчики для экспериментальных исследований / Клопова Н.П. – М. : Машинобудування, 1972. – 345 с.

ПРОБЛЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Штефан І.Ю., Штефан Н.В.

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, пр. Науки, 14*

Сучасною тенденцією розвитку вимірювань є перехід до застосування складних управляючих та інформаційно-вимірювальних систем. Зокрема, в телекомунікаційній галузі вимірювальні системи (ВС) найчастіше інтегровані до складу телекомунікаційного обладнання і є невід'ємною частиною апаратно-програмних комплексів.

Вимірювальні системи є специфічним різновидом засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), тому всі організаційно-правові положення, що діють відносно ЗВТ, розповсюджуються й на ВС. Однак, рішення окремих метрологічних питань щодо ВС мають свою специфіку, що зумовлена їх особливостями [1]: комплектація з різних компонентів; істотна розповсюдженість у просторі; багатоканальність; можливість нарощування в процесі експлуатації; застосування обчислювальної техніки.

Будь-яка найдосконаліша та найскладніша ВС має бути коректною з метрологічної точки зору та відповідати вимогам забезпечення єдності вимірювань. З огляду на особливості ВС, можна виділити наступні проблеми метрологічного забезпечення ВС:

- багатofункціональність ВС вимагає побудови узагальнених оцінок ряду фізичних величин, що одночасно вимірюються та розрахунку комплексних параметрів;
- наявність ЕОМ в складі ВС вимагає рішення задач оцінки якості алгоритмів обробки даних;
- багатоканальність ВС вимагає оцінку, зменшення та виключення впливу каналів;
- велика кількість ВС нерозривно пов'язані з об'єктами, на яких вони експлуатуються. Це створює проблему метрологічного обслуговування через те, що ВС не можливо перемістити до місця дислокації еталону;
- оскільки ВС мають агрегатний спосіб побудови, то досліджувати їх як єдине ціле можливе лише на об'єкті;
- розподіленість компонентів та складових частин ВС в просторі вимагає враховувати вплив на точність вимірювань різних умов експлуатації;
- через те, що в процесі експлуатації склад ВС може змінюватись, то складно регламентувати вимоги на момент випуску;
- складність врахування впливу об'єктів на точність вимірювань в умовах дефіциту апріорної інформації.

Найбільш крупною структурною одиницею ВС, для якої можуть нормуватися метрологічні характеристики (МХ), є вимірювальний канал (ВК), що є послідовним з'єднанням засобів вимірювань, що створюють ВС. Актуальними питаннями теоретичної підтримки рішення проблем метрологічного забезпечення ВС є:

- регламентація МХ ВК;
- експериментальне визначення та контроль МХ;
- прогнозування та визначення характеристик невизначеності вимірювань;
- оцінка характеристик точності програм обробки даних.

Не зважаючи на актуальність та складність задачі метрологічного забезпечення ВС, нормативно-технічні документи різного рангу щодо цього питання є однозначно застарілими. Це питання набуває ще більшої гостроти з прийняттям нової редакції закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [2], оскільки складність структури та багатоканальність ВС приводить до того, що в сферу законодавчо регульованої метрології може попадати не вся ВС, а тільки частина її ВК. Таким чином, на сьогоднішній день можна виділити такі проблеми метрологічного забезпечення ВС:

- розробка методів оцінки МХ ВК;
- установлення оптимальних характеристик точності компонентів ВС за нормами точності ВС в цілому;
- розробка методів метрологічних досліджень ВС;
- створення комплексу нормативних документів, що регламентують питання метрологічного забезпечення ВС на всіх етапах їх життєвого циклу.

Список літератури

1. Метрологическое обеспечение измерительных информационных систем (теория, методология, организация) [Текст] / Е. Т. Удовиченко, А.А. Брагин, А.Л. Семенюк и др. – М. Издательство стандартов, 1991. – 192 с.
2. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 15.01.2015 р. N 124-VIII [Текст] // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2014. – №30. – Ст. 1008.

СЕКЦИЯ 5. ЭЛЕКТРОМАГНИТНИ ПРОЦЕСИ У ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДАХ

ВОЗДЕЙСТВИЕ СИЛЬНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ КЛЕТКИ

Бойко Н.И., Макогон А.В, Цвиров М.С.
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
кафедра «Инженерная электрофизика»,
ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, qnaboyg@gmail.com

При создании новых технологий микробиологического обеззараживания пищевых продуктов и воды одной из наиболее перспективных является технология, в которой основным действующим фактором является напряженность сильного электрического поля $E \approx 40\text{--}120$ кВ/см, наведенная в мембранах клеток инактивируемых микроорганизмов [1]. Источниками этого поля являются генераторы высоковольтных импульсов. При этом следует учитывать, что в мембранах живых клеток без какого-либо внешнего воздействия всегда существует собственная напряженность электрического поля $E_c \approx 10^7$ В/м = 100 кВ/см, т.е. «родное» поле в мембране клетки тоже сильное. Именно за счет этого поля осуществляется метаболизм, обмен клетки необходимыми веществами с внешней средой. С учетом того, что толщина клеточной мембраны составляет порядка 10 нм, на мембране имеется разность потенциалов порядка 0,1 В (потенциал Нернста). Считается, что эта разность потенциалов на мембране образуется естественным образом в основном за счет движения ионов калия и натрия. Наложение внешнего сильного поля на уже имеющееся в мембране поле может привести как к активации, так и к инактивации клеток микроорганизмов [2]. В упомянутой работе [2] показано, что для достижения необратимой инактивации клеток микроорганизмов сильным внешним электрическим полем должна быть достигнута критическая мгновенная температура. Она не превышает пастеризационной температуры и находится в диапазоне 55–60°C. А вот при воздействии сильных внешних полей без нагрева до мгновенной критической температуры микробные клетки могут не только не инактивироваться, но и показать через несколько дней после воздействия бурный рост своей численности. Можно предположить, что клетки микроорганизмов способны преобразовывать энергию электрического поля в биохимическую энергию и использовать последнюю в процессе жизнедеятельности.

В живой клетке протекают и физические, и химические, и биологические процессы. Биомолекулы могут быть исходно полярными. В

качестве примера приведем молекулу ДНК. Поэтому, по нашему мнению, правомерна следующая гипотеза. При воздействии сильных внешних, в том числе импульсных, электрических полей все указанные процессы в клетке претерпевают резкие изменения: под действием поляризации и других процессов, вызванных сильным внешним электрическим полем, возможны изменения структуры ДНК (как обратимые, так и необратимые), запускаются новые химические, биофизические и биологические процессы. Те изменения, которые при эволюции биологических видов за счет эволюции ДНК (по Alan Wilson) в естественных природных условиях занимают значительные исторические отрезки времени (миллионы лет) можно резко ускорить, запуская изменения структуры ДНК воздействием внешнего сильного импульсного электрического поля на биологические клетки, как прокариотические, так и эукариотические. Импульсы электрического поля тем лучше проникают через мембрану внутрь клетки, чем короче фронт импульса. Как показывают результаты исследований, желательно, чтобы длительность фронта импульсов не превышала 20 нс.

Следует учитывать, что, исходя из электрических характеристик элементов клетки (органелл, цитоплазмы, мембраны), при характерных временах воздействия сильного внешнего электрического поля в наносекундном диапазоне распределение напряженностей поля по элементам клетки обратно пропорционально диэлектрическим проницаемостям элементов. При более длительных воздействиях (в микросекундном диапазоне и больших) распределение напряженностей становится обратно пропорциональным удельным электропроводностям элементов клетки. Мембрана клетки является хорошим диэлектриком, и при характерных временах воздействия, превышающих 100 нс, практически все наведенное на клетке напряжение (разность потенциалов) прикладывается к мембране клетки, а электрическое поле внутри клетки не проникает.

Таким образом, наносекундные импульсы внешнего сильного электрического поля, воздействующие на биологические клетки, могут обеспечивать «питание» клеток путем накопления в них электрической энергии и преобразования ее затем в биохимическую энергию внутри клеток. Кроме того, воздействие на клетки такими импульсами может резко ускорить эволюцию биологических видов за счет резкого ускорения эволюции ДНК.

Список литературы

1. Barbosa-Canovas G.V Preservation of Foods with Pulsed Electric Fields. / Barbosa-Canovas G.V., Gongora-Nieto M.M., Pothakamury U.R., Swansson B.G. – Washington, San Diego: Academic Press, 1999. – 200 p.

2. Бойко Н.И. Влияние комплекса высоковольтных импульсов и других физических факторов на интенсивность размножения *Anabaena flos aquae* / . Бойко Н.И., Божков А.И // Биофизика. – 2002, - том 47, вып. 3. – С. 531-538.

ДОСВІД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ВІТЧИЗНЯНИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОСТОРОВИХ ГАРМОНІК МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Гетьман А.В.

***Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», Україна, 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21***

Результатом досвіду робіт NASA і ESA по створенню космічних апаратів (КА) стали стандарти Європейського космічного агентства. Чимала частина стандартів ESA по електромагнітній сумісності присвячена захисту від шкідливого прояви магнітного поля і забезпечення штатного функціонування апаратури корисного навантаження і самого КА. Саме з метою забезпечення нормального функціонування КА і його обладнання була створена технологія відома як забезпечення магнітної чистоти. Технологія визначає порядок проведення заходів на всіх етапах розробки КА, а також контролю магнітних характеристик КА, його систем, блоків систем, окремих елементів блоків, матеріалів конструкцій КА.

В Україні ДП «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля» спільно з організаціями-підрядниками також накопичили великий досвід робіт по забезпеченню магнітної сумісності апаратури і комплектуючих вітчизняних КА. При цьому для малих КА дистанційного зондування Землі українського виробництва «Мікроспутнік», «EgiptSat», Сич-2, Мікросат забезпечення магнітної чистоти є важливим не тільки з точки зору надійності функціонування, а також необхідно для підвищення точності орієнтації КА на орбіті.

Для задоволення вимог за призначенням місії КА, вимоги за магнітною чистотою повинні мати високий пріоритет на етапі проектування, на якому повинні бути ретельно проаналізовані компоненти КА і апаратури корисного навантаження на предмет можливого магнітного забруднення. На основі такого аналізу виробляють підбір і взаєморозташування комплектуючих КА. Складність полягає в тому, щоб обране компонування обладнання, інтегрованого в космічний апарат, не конфліктувало за іншими критеріями ефективного функціонування КА.

Практична реалізація технології забезпечення магнітної чистоти заснована на поетапному формуванні і контролі магнітних характеристик складових КА (рис. 1). Зниження і контроль рівнів магнітного забруднення КА проводять за такими основними етапами:

- 1) Оцінка на предмет магнітного забруднення компонентів і окремих частин; вибір оптимальних елементів.
- 2) Оптимізація частин блоків і друкованих плат.
- 3) Оптимізація компонентів по групах та орієнтації для їх взаємної компенсації.

4) Оптимізація компонування, що стосується безпеки компонентів під час виконання операцій розмагнічування.

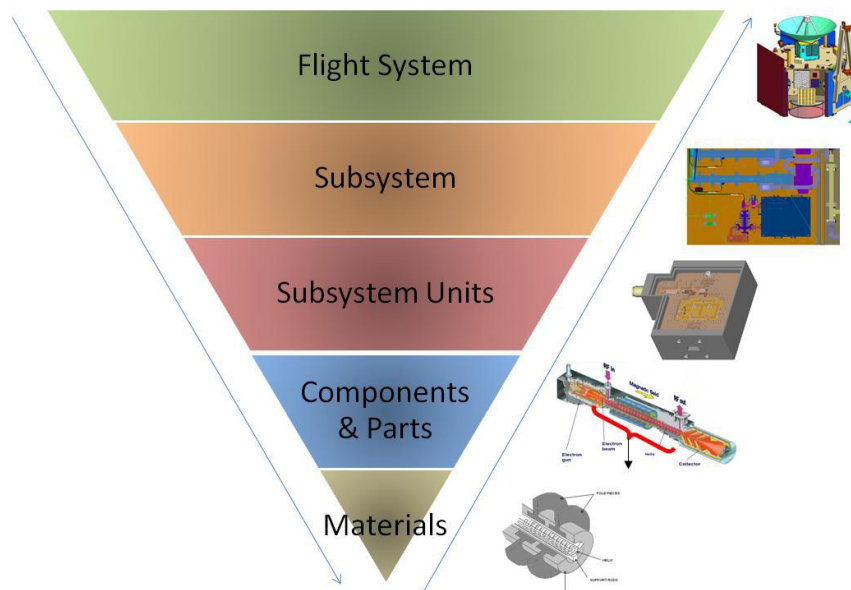


Рисунок 1 – Послідовність етапів технології забезпечення магнітної чистоти КА

Для нормування магнітного поля та магнітного моменту створюваного КА в космічній галузі пред'являються вимоги до складових частин КА за рівнем магнітних моментів у вигляді магнітного бюджету. Контроль нормованих рівнів магнітних моментів складових частин КА проводять на спеціалізованих магнітовимірювальних стендах, як частину технології забезпечення магнітної чистоти.

Однак такий підхід, заснований на єдиній характеристиці просторового розподілу магнітного поля - дипольному магнітному моменті, має вагомий недолік. Це некоректність використання дипольної моделі поблизу комплектуючих, оскільки при щільному компонуванні апаратури всередині КА на невеликих відстанях між його окремими комплектуючими модель джерела магнітного поля у вигляді точкового диполя має неприйнятну похибку (більш 50%). Перш за все це стосується апаратури та обладнання, яке містить у собі значні джерела магнітного моменту (більш ніж $0,1 \text{ A} \cdot \text{m}^2$) і тому розроблялось з вимогами по мінімізації магнітного моменту. Оскільки одним з результатів робіт по мінімізації магнітного моменту апаратури є ускладнення просторового розподілу магнітного поля, то для його адекватного опису слід застосовувати просторові гармоніки старших порядків, або старші мультиполі (квадруполь, октуполь і т.д.). Стандарт ESA ECSS-E-HB-20-07A рекомендує в таких випадках використовувати модель сферичних гармонік магнітного поля. Прикладом доцільності разом з магнітним моментом нормувати три-чотири старші просторові гармоніки є результати сферичного гармонічного аналізу магнітного поля давачів плазми із складу наукової апаратури КА Січ-2 та Мікросат.

ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ СРЕДЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ЗАКРАИНЫ КОНДЕНСАТОРНОЙ СЕКЦИИ

Резинкин О.Л., Данилюк А.Р., Гученко А.Н.

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт», 61002, Украина, г.Харьков, ул.Фрунзе, 21*

Как известно емкостные накопители энергии (ЕНЭ) являются одним из важнейших элементов высоковольтных импульсных устройств, и в основном определяют их массогабаритные характеристики. Чаще всего ЕНЭ выполняются в виде секций с комбинированной бумажно-пленочной изоляцией пропитанной трансформаторным маслом. Самым слабым местом изоляции конденсаторной секции является закраина, электрическая прочность которой определяется пробивным напряжением масла по поверхности твердого диэлектрика. Обычно величина закраины секции конденсатора выбирается из расчета 2 кВ/мм. Исходя из этого условия, при рабочем напряжении секции равном 30 кВ суммарная ширина закраины будет составлять 30 мм. Это обстоятельство, при небольших размерах конденсаторных секции, с шириной диэлектрика порядка 100 мм, приводит к снижению удельных характеристик конденсатора на 30 %.

Уменьшение длины закраины и сохранение электрической прочности и надежности секции может быть достигнуто при повышенном давлении среды. Для проверки данного решения были изготовлены экспериментальные образцы конденсаторных секций с комбинированным бумажно-пленочным диэлектриком, конструкция которых показана на рис. 1.

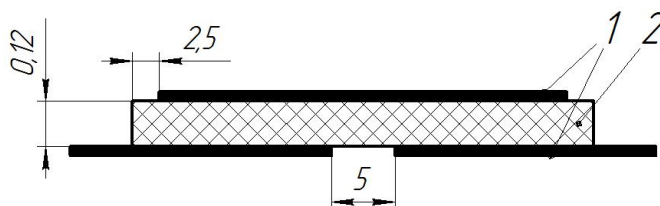


Рисунок 1 – Конструкция экспериментальных образцов конденсаторной секции: 1 – обкладки, 2 – бумажно-пленочная изоляция, пропитанная нефтяным маслом Т1500

Данная конструкция, для увеличения рабочего напряжения секции до 30 кВ, имеет глухую обкладку, а суммарная ширина закраины составляет 10 мм, т.е. уменьшена в 3 раза по сравнению с расчетным значением.

Испытания конденсаторных секций проводились с помощью экспериментального стенда, электрическая схема которого представлена на рис. 2.

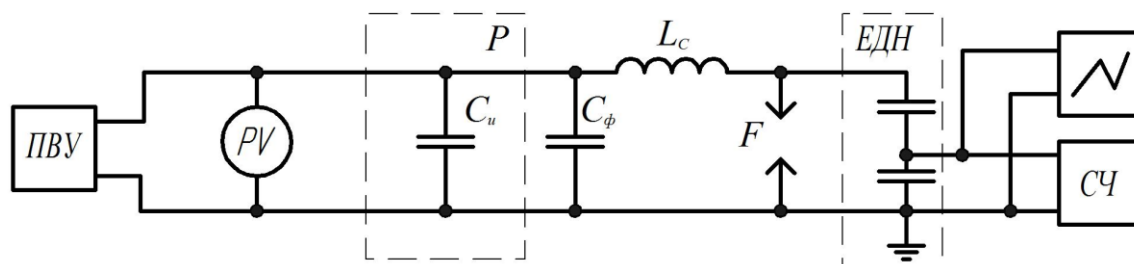


Рисунок 2 – Электрическая схема экспериментального стенда.

Схема состоит из повысительно выпрямительного устройства (ПВУ), позволяющего заряжать испытуемую секцию C_u до постоянного напряжения, равного статическому пробивному напряжению искрового разрядника F . Образец, в заполненной маслом кювете, помещался в металлическую камеру P , которая заполнялась азотом с избыточным давлением до 1 МПа. Зарядное напряжение контролировалось киловольтметром PV . Емкость образца составляла, 200 пФ. Для формирования импульсов с частотой следования $2 \div 3$ Гц, частотой заполнения 10 МГц и малым декрементом колебаний была дополнительно установленная формирующая емкость $C_\phi = 10$ нФ. Процесс разряда контролировался осциллографом RIGOL DS1204B, который был подключен параллельно образцу с помощью ЕДН. Встроенный счетчик импульсов осциллографа позволял вести подсчет импульсов в автоматическом режиме при записи осциллограмм.

При атмосферном давлении и зарядном напряжении 17 кВ первый испытуемый образец выдержал 1500 циклов заряд-разряд без пробоя. При повышении напряжения до 20 кВ он выдержал 1174 импульса с последующим пробоем по поверхности между основными электродами. Второй образец помещался в среду азота под давлением 1 МПа, и выдерживался в течение 24 часов. При зарядном напряжении 20 кВ он выдержал 10^4 импульсов без пробоя. Затем напряжение было повышено до 31 кВ при котором образец выдержал еще 10^4 импульсов без пробоя. При понижении давления до 0,5 МПа, данный образец был пробит после 1320 импульсов. Развитие пробоя происходило так же по поверхности изоляции обкладок, подключенных к источнику высокого напряжения.

При воздействии на мотанные конденсаторные секции постоянного напряжения наблюдался только сквозной пробой изоляции, а среднее пробивное напряжение не зависело существенно от давления среды. При атмосферном давлении оно составляло 17,5 кВ, а при давлении 1 МПа – 18,1 кВ.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов было установлено, что при повышении давления среды до 0,5 МПа электрическая прочность закраины образцов конденсаторных секций возрастает примерно в 1,5 раза, а при давлении 1,0 МПа ширина закраины может быть уменьшена, по крайней мере, в 3 раза.

ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ГЕНЕРАТОРАМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ЭМС ИХ КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

Резинкин О.Л., Ревуцкий В.И.

***Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков***

Шины заземления, как и остальные проводники в системе энергоснабжения, обладают индуктивностью, а также другими распределенными параметрами, определяющими их импульсное сопротивление. Поэтому распространение волны напряжения в распределенной системе заземления может происходить с временными задержками, сравнимыми с длительностью фронта импульсов тока помех естественного и искусственного происхождения. Таким образом, импульсное сопротивление заземлителей оказывает существенное влияние на эффективность систем защиты устройств автоматики от импульсных помех.

Учитывая сказанное выше, для тестирования различных устройств электроники (ответственных узлов автоматики энергосистем, химических предприятий, АЭС, и т. д.) на устойчивость к влиянию внешнего электромагнитного поля необходимы испытательные генераторы, обеспечивающие импульсы тока и напряжения соответствующей формы и амплитуды. Согласно международному стандарту МЭК 61000-4-4-95 “Совместимость технических средств электромагнитная: устойчивость к наносекундным импульсным помехам” [1], генератор наносекундных испытательных импульсов должен состоять из емкостного накопителя, коммутируемого в разрядный контур через искровой промежуток. Также среди элементов цепи присутствует формирующее сопротивление для варьирования длительности импульса и разделительная емкость. Работать данный генератор должен на нагрузку 50 Ом.

Испытательный генератор при работе обеспечивает амплитуду выходного напряжения 0,25 - 4кВ (+/- 10%), длительность фронта импульса 5 нс +/- 30%, длительность импульса на уровне 0,5 амплитудного 50 нс +/- 30%, с частотой повторения импульсов 2,5 - 5 кГц.

Недостатками данной конструкции является наличие искрового разрядника, параметры которого зависят от рабочей среды (температура, давление рабочего газа), громоздкость первичного накопителя, а также высокое по сравнению с сопротивлением заземлителей выходное сопротивление.

Предлагается вариант конструкции компактного генератора наносекундных импульсов, лишённого перечисленных недостатков. Основные элементы генератора представлены на схеме (рис.1).

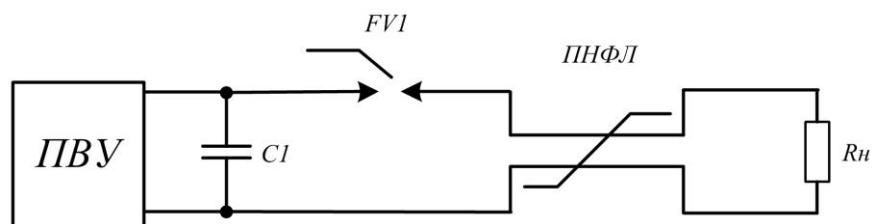


Рисунок 1 – ПВУ – повысительно – выпрямительное устройство, C_1 – емкостный накопитель, FV1 – управляемый коммутатор, ПНФЛ – полосковая нелинейная формирующая линия, R_n – нагрузка (испытываемый объект)

Преимущества предложенной компоновки импульсного генератора следующие:

- существенное уменьшение габаритных размеров генератора;
- отсутствие сложных систем контроля и обслуживания элементов схемы (например, системы синхронизации запуска коммутаторов, поддержки давления при использовании газонаполненных разрядников и т.п.).

Импульсные формирующие линии (ФЛ), являющиеся основой для таких генераторов, могут быть созданы как на основе сегнетокерамических нелинейных материалов, так и на основе композитов, которые содержат сегнетокерамические и ферромагнитные составляющие. Генераторы импульсов с сегнетокерамическими ФЛ обеспечивают возможность работы как с нагрузкой 50 Ом (при использовании согласующего устройства), так и с нагрузкой менее 1 Ом при больших амплитудах импульсных токов. Эта особенность ФЛ является следствием малости выходного сопротивления линии с сегнетоэлектрической рабочей средой.

Недостатком импульсного генератора с нелинейной ФЛ является сложность его настройки для работы с различными уровнями амплитуды испытательного напряжения и необходимость соблюдения температурного режима при работе ФЛ.

Применение генераторов предложенного конструктивного исполнения позволяет проводить неразрушающий оперативный контроль импульсного сопротивления систем заземления энергетического оборудования и других ответственных узлов автоматики промышленных объектов.

Список литературы

1. EC 61000-6-5: 2001 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-5: Generic standards — Immunity for power station and substation environments (MOD)

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗОНДУВАННЯ ҐРУНТУ

Руденко С.С.

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний
інститут", Україна, 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21,
nio5_molniya@ukr.net*

Однією з основних задач першого етапу електромагнітної діагностики стану заземлювальних пристроїв (ЕМД ЗП) електроустановок різних класів напруги є проведення вертикального електричного зондування (ВЕЗ) ґрунту. Якість інтерпретації результатів ВЕЗ та визначення геоелектричної структури ґрунту в значній мірі впливає на точність розрахунку нормованих параметрів ЗП: опору ЗП, напруги дотику та напруги на ЗП. Еквівалентування тришарового ґрунту у вигляді двошарового призводить до похибки визначення опору ЗП в 30-60%, а похибка визначення потенціалу на поверхні для окремих типів ґрунту (К та Н) може сягати 80%.

На основі аналізу експериментальних кривих ВЕЗ, а також результатів їх інтерпретації було отримано статистичний розподіл ґрунтів за числом шарів в місцях розташування енергооб'єктів України. Встановлено, що абсолютна більшість ґрунтів мають тришарову структуру 72,7 %, близько 17 % є чотиришаровими і тільки 8,3 % – двошаровими. Тому розробка математичного апарату та засобів для інтерпретації результатів зондування і еквівалентування багатошарових структур у розрахункові моделі є актуальною проблемою при проведенні ЕМД ЗП.

Для вирішення вказаної проблеми було створено програми «VEZ-3EQ», «VEZ-4A» (див. рис. 1) та «EQ_MultiLayer» (див. рис. 2) з отриманням відповідних свідочств про авторське право на твір.

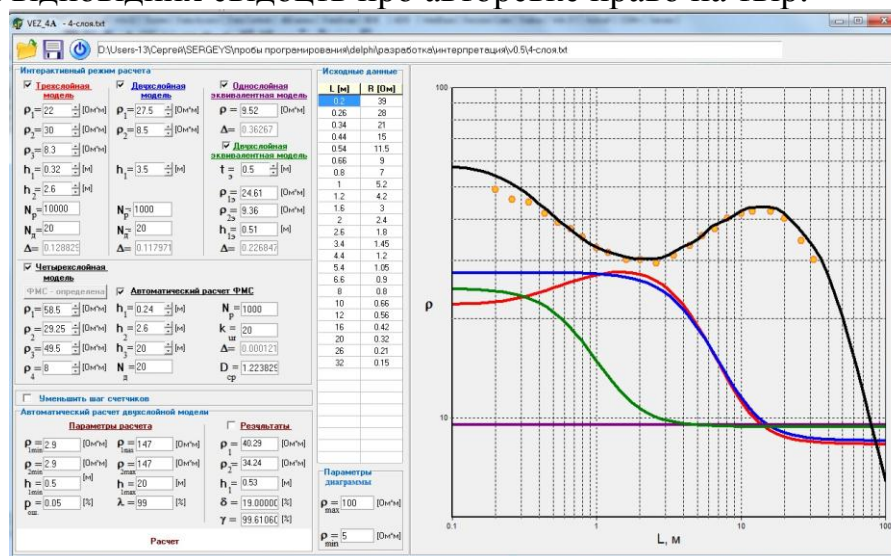
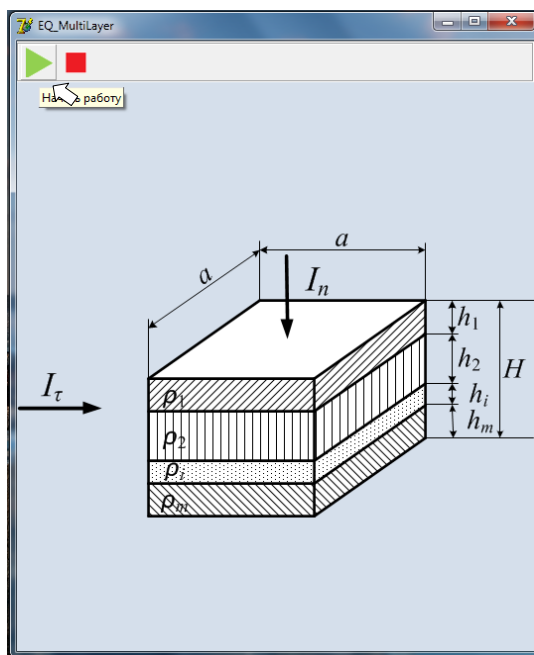
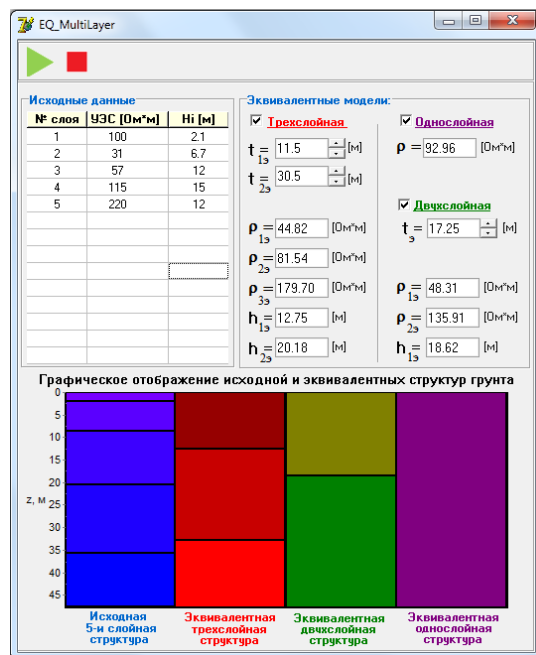


Рисунок 1 – Інтерфейс програми «VEZ-4A»



а



б

Рисунок 2 – Стартове (а) та робоче (б) вікна програми для еквівалентування багатошарових геоелектричних структур

В табл. 1 наведено основні можливості та напрями використання вказаних програм.

Таблица 1

Назва програми	Інтерпретація у вигляді моделі з числом шарів:			Еквівалентування ґрунту з числом шарів x в модель з числом шарів y, $x \rightarrow y$				
	4	3	2	3→2	3→1	∞→3	∞→2	∞→1
VEZ-3EQ	-	+	+	+	+	-	-	+
VEZ-4A	+	+	+	+	+	-	-	+
EQ_MultiLayer	-	-	-	+	+	+	+	+

Для реалізації програми «VEZ-4A» в роботі на основі рівняння Лапласа в циліндричній системі координат та додаткових умов було отримано аналітичне рішення задачі про поле точкового джерела струму, розташованого в першому шарі чотиришарового провідного напівпростору з плоско-паралельними границями поділу. На основі вирішення вказаної задачі було розроблено математичну модель для інтерпретації результатів ВЕЗ у вигляді чотиришарової геоелектричної структури.

Створена математична модель та програмне забезпечення дозволяє суттєво підвищити точність визначення нормованих параметрів у рамках проведення ЕМД ЗП діючих енергетичних об'єктів. Створені засоби були застосовані при виконанні ЕМД ЗП відкритого розподільчого пристрою однієї з атомних електричних станцій України та ряду підстанцій класом напруги 35 – 150 кВ.

СЕКЦІЯ 6. ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

ОЦІНКА ПОХИБОК ЦИФРОВИХ ВИМІРЮВАЧІВ КОЕФІЦІЄНТУ НЕСИНУСОЇДАЛЬНОСТІ

Воропай В.Г., Пінчук В.А.

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61000*

Широке впровадження мікропроцесорів у вимірювальну техніку, а отже, і пов'язане з ним якісне поліпшення технічних характеристик вимірювальних засобів багато в чому стримується, з одного боку, недостатньою увагою фахівців до розробки алгоритмів цифрової обробки сигналів, що забезпечують найбільшу ефективність використання мікропроцесорів, та з іншої сторони, відсутністю інженерних методів оцінки похибок таких мікропроцесорних засобів вимірювань. Серед найважливіших параметрів оцінки якості електричної енергії енергетичних систем є коефіцієнт нелінійних викривлень або коефіцієнт несинусоїдальності. Найчастіше виявляється необхідним проводити вимірювання цих параметрів, невеликих за значенням. Тому з'являється потреба у визначенні кількісних характеристик похибок вимірювань для мікропроцесорних вимірювачів, які мають ряд істотних недоліків.

Розглянемо різні алгоритми цифрової обробки досліджуваного сигналу $u(t)$ стосовно до вимірювання коефіцієнта гармонік і оцінку похибок мікропроцесорних вимірювачів нелінійних викривлень.

Нелінійні викривлення періодичного несинусоїдального сигналу $u(t)$ характеризуються коефіцієнтом гармонік

$$k_{\Gamma} = U_{\text{B}} / U_1, \quad (1)$$

де U_1 – середнє квадратичне значення (СКЗ) першої гармоніки сигналу $u(t)$;

U_{B} – СКЗ вищих гармонік сигналу $u(t)$, обумовлене одним з виразів:

$$U_{\text{B}} = \sqrt{\sum_{v=2}^{\infty} U_v^2} \quad (2)$$

або

$$U_{\text{B}} = \sqrt{U^2 - U_1^2}; \quad (3)$$

U_v – СКЗ v -й гармоніки сигналу $u(t)$, починаючи із другій.

Величини U^2 і U_v^2 (у тому числі U_1^2 при $v=1$) можна знайти по кодах миттєвих значень сигналу u_q :

$$U^2 = \frac{1}{n} \sum_{q=1}^n u_q^2; \quad (4)$$

$$U_v^2 = \frac{U_{vx}^2 + U_{vy}^2}{2}, \quad v = 1, 2, \dots, \quad (5)$$

$$\text{де } U_{vx} = \frac{2}{n} \sum_{q=1}^n u_q \sin v\omega t_q; \quad U_{vy} = \frac{2}{n} \sum_{q=1}^n u_q \cos v\omega t_q \quad (6)$$

– коефіцієнти Фур'є амплітуди v -й гармоніки сигналу $u(t)$.

Різні варіанти безпосередньої реалізації формули (1) з урахуванням виразів (2)-(6) мають обмеження по точності вимірювань через похибки округлення проміжних результатів, оскільки всі обчислювальні операції (зведення у квадрат, підсумовування, добування квадратного кореня, ділення) проводяться з великими величинами, або потрібне значне підвищення розрядності МП, що знижує економічну ефективність і метрологічну надійність приладу. Більш раціональні алгоритми одержимо, якщо СКЗ U_B представимо у вигляді:

$$U_B = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{q=1}^n [u_q - U_{1\max} \sin(\omega t_q + \psi_1)]^2}, \quad (7)$$

де $U_{1\max}$, ψ_1 – амплітуда й початкова фаза першої гармоніки сигналу $u(t)$.

Співвідношення (7) дозволяє перейти до наступних двох еквівалентних форм запису:

$$U_\epsilon = U_1 \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{q=1}^n \left[\frac{u_q}{U_{1\max}} - \sin(\omega t_q + \psi_1) \right]^2}; \quad (8)$$

$$U_B = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{q=1}^n (u_q - U_{1x} \sin \omega t_q - U_{1y} \cos \omega t_q)^2}. \quad (9)$$

Тоді вираз (1) з урахуванням рівності (8) приймає вигляд

$$k_r = \sqrt{\frac{2}{n} \sum_{q=1}^n \left[\frac{u_q}{U_{1\max}} - \sin(\omega t_q + \psi_1) \right]^2}, \quad (10)$$

а з урахуванням рівності (9)

$$k_r = \frac{1}{U_1} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{q=1}^n (u_q - U_{1x} \sin \omega t_q - U_{1y} \cos \omega t_q)^2}. \quad (11)$$

Вирази (10) і (11) обумовлюють алгоритми цифрової обробки кодів u_q , записаних в ОЗП МП, на другому, обчислювальному, етапі роботи приладу та забезпечують наступні переваги вимірювачів нелінійних викривлень: більш високу точність, оскільки всі операції проводяться з малою різницею двох близьких величин $u_q/U_{1\max}$ і $\sin(\omega t_q + \psi_1)$, що веде також до зменшення розрядності МП; підвищення метрологічної надійності й зменшення часу вимірювання через скорочення (у два-три рази) операцій зведення у квадрат і добування квадратного кореня.

ВПЛИВ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ЧАСТОТИ МЕРЕЖІ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Воропай В.Г., Фоменко Д.В.

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61000*

Ефективність та надійність роботи електроенергетичних об'єктів багато в чому залежить від своєчасного забезпечення систем керування достовірною інформацією про параметри режиму та стан обладнання. Цю інформацію сьогодні одержують переважно від цифрових засобів вимірювальної техніки як результат обробки послідовностей миттєвих значень вхідних струмів і напруг. У процесі аналого-цифрового перетворення безперервний сигнал замінюється послідовністю відліків цього сигналу в дискретні моменти часу. Зазвичай час квантується рівномірно, і частота дискретизації вибирається кратною частоті вхідного сигналу. Проте, якщо частота дискретизації залишається в процесі роботи незмінною, а частота сигналу змінюється, то виникає додаткова похибка, викликана зсувом моментів дискретизації і невідповідністю періоду інтеграції періоду сигналу. З початком впровадження цифрових технологій у практику вимірювання почався пошук шляхів її зменшення. Було запропоновано збільшення частоти дискретизації за фіксованого періоду виміру, вибір числа відліків, найбільш близького до періоду сигналу, введення корекції в алгоритм визначення параметрів у відповідності з вимірюваною частотою тощо [1]. Це не дало змоги цілком усунути зазначену похибку, особливо при спотворених вхідних сигналах, хоча і допомогло знайти прийнятні технічні рішення при розробці приладів.

Стрімкий розвиток мікропроцесорної техніки та інформаційних технологій забезпечив нові можливості одержання вимірювальної інформації. В той же час створення інтегрованих систем керування електроенергетичними об'єктами, впровадження технології синхронізованих векторних вимірювань параметрів режиму, збільшення кількості різкозмінних та нелінійних навантажень висунули підвищені вимоги до номенклатури та якості вимірювальної інформації. Зокрема, це стосується необхідності визначення параметрів режиму з прив'язкою до моменту часу, зменшення інтервалів усереднення до періоду основної частоти сигналу, вимірювання кутів струмів та напруг, постійного моніторингу параметрів якості електроенергії [2; 3]. Наслідком цього є широке застосування алгоритмів перетворення Фур'є, особливо чутливих до нестабільності частоти мережі. Тому дослідження і оцінка впливу цього фактора на похибку вимірювання параметрів режиму та пошук механізмів її компенсації залишаються актуальними і сьогодні.

У цифрових засобах вимірювання при визначенні гармонічного

складу сигналів, параметрів якості електроенергії, кутів сигналів тощо застосовують перетворення Фур'є. У цьому випадку механізм впливу відхилення частоти на похибку вимірювання має свої особливості порівняно з визначенням середньоквадратичних значень струмів та напруг.

Амплітуди ортогональних складових гармонік фазної напруги $U_{\phi(k)x}$, $U_{\phi(k)y}$, виходячи з розкладу в ряд Фур'є, визначають за наступними виразами:

$$\begin{aligned} U_{\phi(k)x} &= \frac{1}{\pi} \int_0^\pi u_\phi(t) \cdot \sin(k \cdot t) d(t); \\ U_{\phi(k)y} &= \frac{1}{\pi} \int_0^\pi u_\phi(t) \cdot \cos(k \cdot t) d(t), \end{aligned} \quad 1)$$

де $\omega = 2\pi f$ – кругова частота основної гармоніки сигналу;
 k - номер гармоніки.

У разі застосування перетворення (1), ядро якого залежить від частоти сигналу, при зміні цієї частоти змінюються і самі підінтегральні вирази. Слід зазначити, що при розбіжності частоти ядра перетворення ω і частоти сигналу ω_s , підінтегральні вирази не містять постійних складових.

Для задач оперативного управління електроенергетичними об'єктами, контролю якості електроенергії, моніторингу режиму найважливішою є інформація про значення перших гармонік фазних струмів і напруг. За їх ортогональними складовими визначають амплітуди і кути сигналів, активні та реактивні потужності, частоту, симетричні складові струму та напруги шляхом переходу від фазних до симетричних координат, частину параметрів якості електроенергії тощо. Відповідно і похибки визначення цих величин визначаються похибками обчислення ортогональних складових перших гармонік вхідних сигналів.

Список літератури

1. Праховник А.В., Волошко А.В., Гузенфельд З.М. Влияние нестабильности частоты сети на точность измерения количественных и качественных характеристик электропотребления // Изв. вузов СССР: Энергетика. – 1988. – № 4. – С. 3-9.
2. Кучумов Л.А., Кузнецов А.А., Сапунов М.В. Вопросы измерения параметров электрических режимов и гармонических спектров в сетях с резкопеременной и нелинейной нагрузками // Пром. энергетика. – 2005. – №3. – С. 44-48.
3. Стогний Б.С., Ущаповский К.В., Мольков А.Н., Сопель М. Ф., Павловский В.В., Пилипенко Ю.В. Система глобального мониторинга, синхронизации и регистрации системных параметров ОЭС Украины - основа нового качества автоматизированного и оперативного управления // Энергетика та електрифікація. – 2006. – №4. – С. 8-11.

АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ УКРАИНЫ

Гриб О. Г.¹⁾, Белов Н. С.²⁾, Гапон Д.А.¹⁾

¹⁾ *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

²⁾ *ООО «НМУ «ЭЮМ», ул. Капитановая, 33, г. Харьков, Украина, 61036*

Электроэнергетический комплекс в нашей стране является основополагающим двигателем формирования экономики. Его системное взаимодействие с другими экономическими комплексами (промышленным, сельскохозяйственным и др.) позволяет решить задачу независимости нашего государства. Поэтому, современное стратегическое направление научно-технической и технологической базы автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) электроэнергетического комплекса требуют большего развития в сторону сетевидного управления.

На сегодняшний день диспетчерское управление электроэнергетическим комплексом, на примере основного монополиста энергетического рынка НЭК «Укрэнерго», реализовано в виде радиальной структуры.

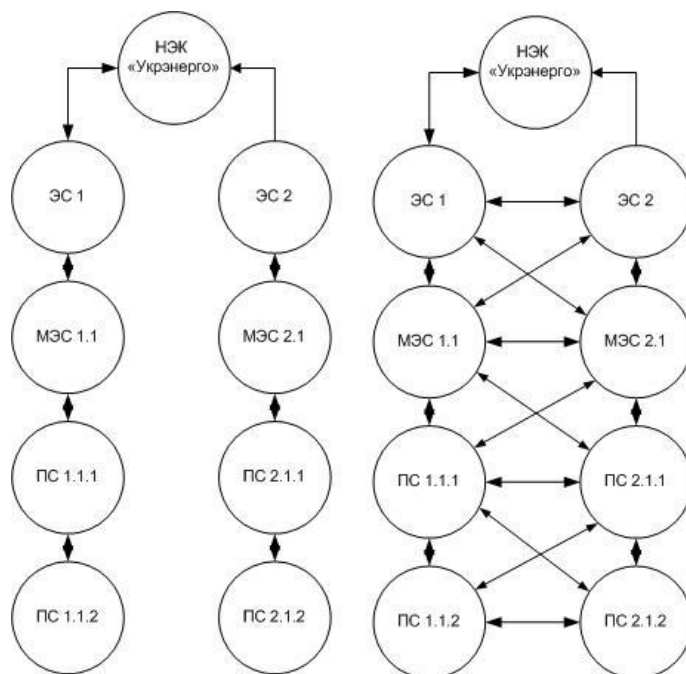


Рисунок 1 Радиальная и сетевидная структуры управления

Это приводит к тому что, обмен между конечными узлами (подстанциями), происходит через выше стоящий узел (МЭС,

энергосистема, НЭК «Укрэнерго») рис.1. Также при данном виде управления также необходимо выделить следующие аспекты: жесткая структура, сложность управления, не информативность.

Сетецентрический подход, рис.1, создает новый вид управления сложными процессами (диспетчерское управление) в распределенной коммуникационной структуре, реализует максимальную ситуационную осведомленность каждого узла, с учетом смежных контрагентов (ПС, МЭС, энергосистема, ТЭС и др.) и перехода каждого из этих узлов в режим самоорганизации в любой штатной либо нештатной ситуации. При прямом взаимодействии смежных узлов в сетецентрической модели происходит динамическое перепланирование действий каждого узла под контролем специфического узла (диспетчер), который может также в автоматически либо вручную регулировать ситуационный план. Это приводит к успешному управлению, регулированию и реакции на различные ситуации во всем электроэнергетическом комплексе Украины.

Список литературы

1. УДК 621.316 Правила устройства электроустановок – Х.: Издательство «ИНДУСТРИЯ», 2011 – 768 с.
2. Richards, S., Alstom Grid, UK, Pavaiya, N., Omicron Electronics, Boucherit, M. and Ferret, P., Alstom Grid, France, Diemer P., Energinet.dk, Denmark New World. PAC World Magazine. June 2014.
3. Ivan Dorofeyev, Russia PAC World Magazine December 2012.
4. Brunner C. IEC 61850& Smart Grids. PAC World Magazine. September 2013.
5. Горелик Т. Г. Автоматизация энергообъектов с использованием технологии “цифровая подстанция”. Первый российский прототип / Т. Г. Горелик, О. В. Кириенко // Релейная защита и автоматизация – 2012.– № 1(05).– С. 86–89.
6. УДК 621.311 Сокол Е.И., Гриб О.Г., Белов Н.С., Гапон Д.А., Шевченко С.Ю. Сетцентрическое диспетчерское управление в электроэнергетике – Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»: «Проблемы автоматизированного электропривода Теория и практика» - Харьков: НТУ «ХПИ», 201, 12 (1121)., - 572 с.

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ УКРАИНЫ

Гриб О. Г.¹⁾, Белов Н. С.²⁾, Иерусалимова Т.С.¹⁾

¹⁾ *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

²⁾ *ООО «НМУ «ЭЮМ», ул. Капитановая, 33, г. Харьков, Украина, 61036*

В современных энергетических предприятиях применяются различные SCADA-системы для диспетчерского управления сложными автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУ ТП):IntellutioniFix, SIMATICWinCC, Alstomi др.

На 2016 г. Украина является высоко информатизированным государством, более 12 млн. пользователей сети Internet, как физических лиц, так и юридических. Многие предприятия представляют собой реляционную структуру, что приводит к передачи данных через глобальную сеть Internet.

Это приводит также к росту киберпреступлений. Если же для физических лиц это в основном кража личных данных, финансовых средств, то на предприятиях кибервзлом может грозить от останова производства до экологической катастрофы. Поэтому каждое предприятие проводит меры по защите своего киберпространства.

Для этого разделим безопасность на два вида: сетевую и физическую.

В сетевой безопасности применяется стандарт AAA. Стандарт установления подлинности, разрешения и учета (Authentication, authorization, and accounting) применяется в отношении пользовательского доступа и учета трафика для всего сетевого оборудования. В нем определяется, кто или что имеет доступ, к каким сетевым ресурсам, используются списки правил и безопасности управления доступа для фильтрации входящего и исходящего трафиков. Стандарт AAA используют следующие протоколы:

- SNMPv3 – (SimpleNetworkManagementProtocol) протокол сетевого управления предоставляет важные особенности безопасности: Конфиденциальность — шифрование пакетов для предотвращения перехвата несанкционированным источником; Целостность — целостность сообщений, для предотвращения изменения пакета в пути, включая дополнительный механизм защиты от повторной передачи перехваченного пакета; Аутентификация – чтобы убедиться, что сообщение пришло из правильного источника.

- RADIUS – (RemoteAuthenticationinDial-InUserService) протокол для реализации аутентификации, авторизации и сбора сведений об использованных ресурсах, разработанный для передачи сведений между

центральной платформой и оборудованием. RADIUS-сервер является интерфейсом взаимодействия с телекоммуникационной системой/сервером (например маршрутизатором или коммутатором) и может реализовывать для такой системы следующие сервисы: управление учётной записью пользователя; сбор и анализ статистической информации о сессиях пользователя и всей обслуживаемой системы; проверку учётных данных пользователя (в том числе шифрованных) по запросу обслуживаемой системы; Выдача разрешения к той или иной услуге.

- TACACS+ – (TerminalAccessControllerAccessControlSystemplus) – сеансовый протокол. Поддерживает установление трёх различных типов сеансов AAA.

Для обеспечения физической безопасности необходимо соблюдать следующие меры:

- Коммуникационные, серверные шкафы запереть на ключ;
- Отключать не нужные сетевые порты на устройствах и коммутаторах;
- Занести в коммутаторы списки разрешенных MAC и IP – адресов;
- Диспетчерские места, сервера сбора и передачи технологической информации необходимо выносить в отдельную независимую технологическую сеть, как и информационную, так и электрическую.

Как мы видим физическая безопасность связана на прямую с человеческим фактором.

Сетевая безопасность реализуется в сетевом оборудовании таких компаний как Cisco и HP.

Большинство энергетических предприятий используют на данный момент для обмена данными телефонные линии по дозвону и старые протоколы передачи данных, которые не защищены от внешнего воздействия, поэтому вопрос о кибербезопасности энергетического комплекса Украины носит первостепенный характер.

Список литературы

1. Shailendra Fuloria, Ross Anderson. The Protection of Substation Communications. Computer Lab, Cambridge University.
2. Brunner C. IEC 61850 & Smart Grids. PAC World Magazine. September 2013.
3. Указ президента України №514/2009 від 08.07.2009 р. «Про Доктрину інформаційної безпеки України».

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ З ПОКРАЩЕНИМИ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Орнатський Д.П., Марченко Н.Б., Добржанська Б.В.
*Національний авіаційний університет, пр-т Комарова, 1,
м. Київ, Україна, 03058*

У зв'язку зі стійкою тенденцією інтелектуалізації віддалених датчиків, необхідністю підтримки більшої кількості службових функцій вони все частіше забезпечуються засобами передачі цифрової інформації. Цей процес рухається двома напрямками: оснащення датчиків вмонтованими цифровими контролерами для узгодження з універсальними мережевими інтерфейсами, а також об'єднання технологій передачі аналогової і цифрової інформації по одній лінії зв'язку.

Недоліками таких систем є: обмежені полоси аналогових сигналів значенням ~ 10 Гц у зв'язку з необхідністю частотного розділення аналогових і цифрових сигналів; обмеження, що накладаються на топологію мережі (використовується типологія типу "зірка" або "точка на точку", що також призводить до значних економічних втрат. Особливо ці недоліки будуть впливати при збільшенні кількості каналів, що є характерним для сучасних систем моніторингу енергетичних мереж.

Наприклад, мікропроцесорний пристрій серії РС83 базується на методах і засобах побудови струмових захистів (МСЗ, СВ), до недоліків яких відносять: неповне охоплення ліній, значні витримки часу поблизу джерел живлення, хоча за умов стійкості для цього необхідне надшвидке реагування. Нестабільність зони дії через зміни опору в зоні пошкодження та зміні режиму системи, що непридатно при використанні приладу в мережах 6-10кВ. В цих випадках використовують системи захисту, що забезпечують відключення пошкодження без витримки часу в межах всієї лінії, що захищається, в тому числі і на лініях малої протяжності. Це так звані диференціальні системи захисту, вони забезпечують миттєве відключення КЗ в будь-яких точках захисту ділянки і мають селективність при КЗ за межами ділянки, що захищається. Тобто для них немає потреби в узгодженості, до того ж вони не реагують на коливання в мережі.

Єдиним недоліком цього методу є висока вартість з'єднувального кабеля і робіт по його прокладці.

В роботі запропонована система, яка дозволить передавати сигнали вимірювань інформації по телефонним лініям зв'язку в режимі реального часу з великою точністю, яка базується на використанні широкополосних ШІМ та ЧІМ модуляторів з використанням не класичної системи ФАПЧ та ітераційних інтегруючих перетворювачів з динамічними запам'ятовуваними пристроями з покращеними метрологічними характеристиками. При цьому вартість комплектуючих всієї системи

передачі еквівалентна вартості двох модемів для передачі цифрової інформації, в той час як в альтернативному варіанті роботи з прокладки кабеля та його собівартість будуть сягати десятки тисяч у.о.

Ще однією перевагою запропонованої системи завдяки наявності прицевийного каналу передачі вимірювальних сигналів за допомогою ШІМ модуляції – є можливість використання більш точних первинних вхідних ланок (без трансформаторів) на основі операційних підсилювачів або перетворювачів на ефекті Холла. Крім того така система по своїй архітектурі буде відноситися до систем централізованого типу (з великою кількістю однотипних елементів). Відомою перевагою яких є економічність, завдяки тому, що резидентна частина системи буде складатися лише з первинних перетворювачів та ШІМ модуляторів з мережевим адаптером.

Високі метрологічні характеристики системи (швидкодія, точність, селективність), які досягнуті завдяки використанню нетривіальних технічних рішень основних компонентів з покращеними МХ (ШІМ, ЧІМ модеми, вимірювальні підсилювачі з диференціально-струмовим входом, режекторні слідкуючі фільтри, фазочутливі випрямлячі, малoshумлячий безперебійний блок живлення з гармонійним сигналом, що трансформується) значно скорочують номенклатуру засобів, які було б необхідно використовувати для побудови системи з рівними функціональними можливостями, при цьому також значно зменшується обсяг необхідного програмного забезпечення. Крім цього підвищується надійність, заводо захищеність роботи системи, через відсутність проблем притаманних стандартним багатоступеневим системам захисту розподільних мереж, особливо при двосторонньому живленні

Список літератури

1. Теоретические основы информационно-измерительных систем: Учебник / В.П. Бабак, С.В. Бабак, В.С. Еременко и др.; под ред. чл.-кор. НАН Украины В.П. Бабака / К., 2014. – 832 с.
2. Гуревич В. И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения. – М.: Инфра-Инженерия, 2014 - 248 с.: ил.
3. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 549 с.: ил.

КЛЮЧОВІ ПРОФЕСІЙНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ ІНЖЕНЕРІВ З АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Рудевіч Н.В.

***Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут» вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002***

Мета професійної освіти в реаліях сьогодення полягає не тільки в тому, щоб навчити студента щось робити та придбати професійну кваліфікацію, а й в тому, щоб дати йому можливість справлятися з різними життєвими і професійними ситуаціями. Якість результату професійної підготовки майбутнього фахівця розуміється сьогодні як відповідність професійної підготовленості випускника навчального закладу сучасним «викликам часу» і розглядається через поняття «професійна компетентність». Згідно з Законом України «Про вищу освіту» «компетентність - динамічна комбінація знань, вмінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти» [1]. Сьогодні формування складових професійної компетентності майбутніх інженерів є актуальнішою проблемою вищої технічної школи. Формування компетентностей пов'язано з процесом оволодіння людиною способами діяльності в процесі освоєння різноманітного практичного досвіду. Основи способів діяльності, як конкретних шляхів досягнення мети, повинні бути закладені у майбутніх фахівців під час їх професійної підготовки у вищих навчальних закладах. Не є винятком і майбутні інженери з автоматизації енергосистем, яких готують за спеціалізацією "Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії". Компетентності інженера з автоматизації енергосистем визначаються його виробничими функціями, які він повинен реалізовувати у своїй професійній діяльності. Для визначення виробничих функцій інженерів з автоматизації енергосистем було проаналізовано кваліфікаційні характеристики первинних посад, що можуть займати випускники згідно з отриманою спеціалізацією. За основу було прийнято професійний стандарт на професійну назву роботи «Інженер-електрик в енергетичній сфері енергопостачальної компанії», довідник кваліфікаційних характеристик професій працівників «Виробництво і розподіл електроенергії» та класифікатор професій [2, 3, 4]. В сфері експлуатації інженерів з автоматизації енергосистем до числа первинних посад можна віднести: інженера з експлуатації протиаварійної автоматики, інженера з налагодження, удосконалення технології та експлуатації електричних станцій та мереж, інженера з налагодження й випробувань, інженера з організації експлуатації та ремонту, інженера з

релейного захисту і електроавтоматики. Для проектувальної діяльності інженерів з автоматизації енергосистем характерними первинними посадами є: інженер, інженер-конструктор. Науково-дослідна діяльність інженерів з автоматизації енергосистем передбачає наступні первинні посади: інженер-дослідник, молодший науковий співробітник (науковий співробітник-консультант).

Проведений аналіз завдань та обов'язків первинних посад, що можуть займати випускники з отриманою спеціалізацією «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії», дозволив визначити набір типових виробничих функцій інженерів з автоматизації енергосистем, а саме експлуатаційну, проектну, наукову, дослідну, організаційну, управлінську. З проведеного аналізу виробничих функцій інженерів з автоматизації енергосистем можна виділити їх ключові професійні компетентності: експлуатаційна компетентність, проектна компетентність, науково-дослідна компетентність, організаційно-управлінська компетентність.

Зміст визначених ключових професійних компетентностей інженерів з автоматизації енергосистем повинен бути відображений в системі професійної підготовки за спеціалізацією «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» через знання, уміння, навички та професійно важливі якості експлуатаційної, проектної, наукової, дослідної, організаційної, управлінської виробничих функцій.

Список літератури

1. Закон України «Про вищу освіту» [Електронний ресурс] // Офіційний веб-портал Верховної ради України. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
2. Професійний стандарт на професійну назву роботи «Інженер-електрик в енергетичній сфері енергопостачальної компанії» [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Міністерства освіти і науки України. – Режим доступу : <http://www.mon.gov.ua/ua/activity/education/58/1383291735>.
3. Довідник кваліфікаційних характеристик професій працівників, галузевий випуск № 62, частина 1 "Виробництво і розподіл електроенергії : наказ Мін. палива та енергетики України від 16 бер. 2001 р. № 19 із змінами та доповнення, внесеними наказами Міністерства палива та енергетики України від 8 вер. 2003 р. № 462, від 8 квітня 2009 р. №196, наказом Мін. енергетики та вугільної промисловості України від 26 груд. 2011 р. № 885 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.jobs.ua/ukr/dkhp/sgroup-83/>
4. Національний класифікатор України : Класифікатор професій ДК 003-2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.dk003.com>.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДНЫХ КРИВЫХ НАПРЯЖЕНИЯ И АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Сендерович Г.А., Дяченко А.В.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

Анализ кривой напряжения позволяет выявить необходимые особенности изменений кривой $U(\tau_i)$ [1]. Для определения места расположения источника колебаний напряжения (КН) его следует дополнить анализом изменений кривой активной мощности $P(\tau_i)$. В алгоритме расчета производных (рис. 1) учтем изменения кривой $P(\tau_i)$. В исходных данных введем наряду с дискретной характеристикой кривой напряжения характеристику активной мощности, используя двухмерную матрицу $\overline{UP}\left[\left(\frac{T}{\tau}+1\right), 2\right]$, в первом столбце которой зафиксированы значения $U(\tau_i)$, во втором $-P(\tau_i)$. Значения элементов второго столбца матрицы \overline{UP} могут, как и первого, быть перенесены из цифрового регистратора или получены по результатам измерений текущего режима.

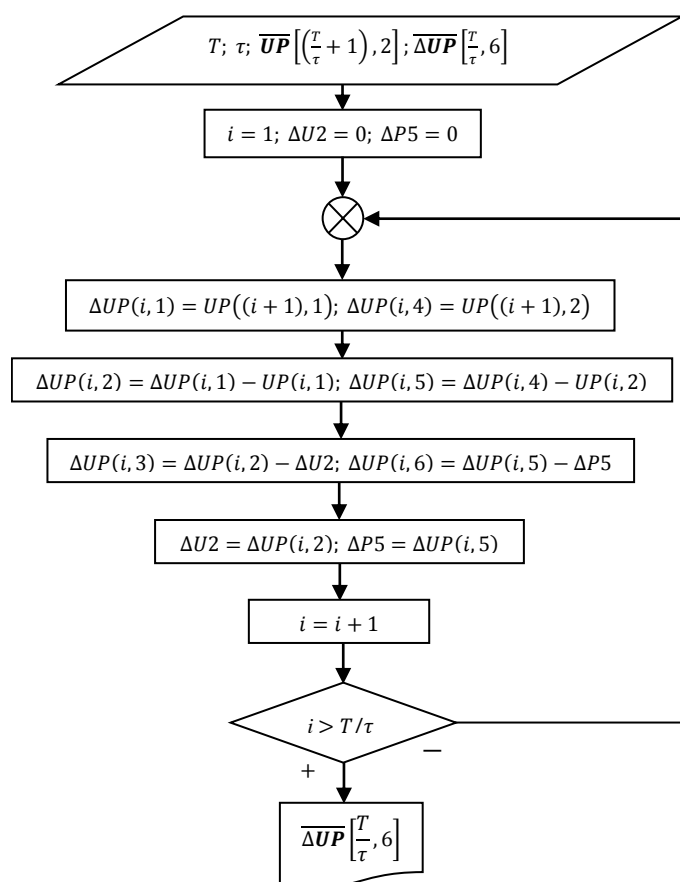


Рисунок 1 – Алгоритм расчета производных кривых напряжения и активной мощности

Результаты расчета вносятся в матрицу дискретных параметров напряжения и активной мощности $\overline{\Delta UP}$ размерностью $\frac{T}{\tau} \times 6$. Количество строк соответствует числу интервалов усреднения, количество столбцов – дискретным показателям соответствующих кривых: $\Delta UP(i,1)$ напряжение $U(\tau_i)$; $\Delta UP(i,2)$ – первая производная напряжения $U'(\tau_i)$; $\Delta UP(i, 3)$ – вторая производная напряжения $U''(\tau_i)$; $\Delta UP(i, 4)$ – мощность $P(\tau_i)$; $\Delta UP(i, 5)$ – первая производная мощности $P'(\tau_i)$; $\Delta UP(i,6)$ вторая производная мощности $P''(\tau_i)$.

Анализ корреляционной зависимости кривых напряжения и активной мощности с целью определения места расположения КН не требует определения таких параметров КН как размах изменения напряжения δU_t , число колебаний напряжения m за интервал времени наблюдения T_{sh} , частота повторения изменений колебаний напряжения $F_{\delta U_t}$, интервал между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$ [2]. Поэтому, если факт превышения допустимого уровня КН фиксируется внешним прибором (фликерметром), задача определения места нахождения источника КН не требует расчета параметров КН. Достаточно воспользоваться результатами расчета производных кривых напряжения и активной мощности, зафиксированных в матрице $\overline{\Delta UP} \left[\frac{T}{\tau}, 6 \right]$.

Наиболее простым решением по определению корреляционной зависимости кривых напряжения и активной мощности представляется использование критериев приведенных в [3] в области монотонного изменения обеих кривых. Такой подход предполагает исключение ошибок, которые могут быть вызваны возможным сдвигом между экстремумами кривых изменения напряжения $U(t)$ и мощности $P_{нагр}(t)$, определяемым динамическими характеристиками двигателей нагрузки [3].

Список литературы

1. Сендерович Г. А., Дяченко А. В. Анализ кривой напряжения / Г. А. Сендерович, А. В. Дяченко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тезис доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції, Ч. II (18-20 травня 2016р., Харків). – Х: НТУ «ХПІ». – 2016. – С. 180.
2. Сендерович Г. А. Актуальность определения ответственности за нарушение качества электроэнергии по показателям колебаний напряжения / Г. А. Сендерович, А. В. Дяченко // Електротехніка і Електромеханіка. Раз. Електричні станції, мережі і системи – 2016. - №2. С. 57-63.
3. Сендерович Г. А. Метод определения расположения источника колебаний напряжения в электрической сети / Г. А. Сендерович, А. В. Дяченко // Електротехніка і Електромеханіка. Раз. Електричні станції, мережі і системи – 2016. - № 3. - С. 58-62.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ

Харченко В.Ф., Доценко В.В.

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, вул. Революції 12, м. Харків, Україна, 61000*

Досвід експлуатації систем електропостачання (СЕ) з перевагою рухового навантаження на різних промислових підприємствах показує недостатню усталеність навантаження в аварійних та післяаварійних режимах.

Використання схемних рішень при проектуванні СЕ, пов'язаних із прагненням обмежити струми короткого замикання (КЗ) до рівня безпечної роботи комутаційної апаратури, таких як роздільна робота секцій збірних шин, застосування одиночних і групових реакторів у ланцюгах живлення й на фідерах, що відходять, приводить до неприпустимо більших посадок напруги при нормальних пусках електродвигунів, неможливості здійснення режимів самозапуску, автоматично повторного включення та автоматичного включення резерву.

Одним з ефективних рішень зазначеної проблеми є використання безконтактних комутуючих і струмообмежуючих апаратів (БКТА) [1-3], що мають у нормальних умовах незалежний від частоти й практично рівний нулю опір, які й додатково сполучають функції швидкодіючого вимикача й регулятора струму [2, 3].

На рис. 1. представлена схема фази БКТА [3], що дозволяє об'єднати на паралельну роботу чотири секції 1-4 збірних шин 6-10 кВ і додатково живити від секції 5 групу електроприймачів, які не терплять навіть незначних знижень. До складу схеми входять трифазний реактор Р і біполярні тиристорні групи, число яких дорівнює числу секцій, які об'єднуються на паралельну роботу. Аноди й катоди тиристорів з'єднано один з одним і підключені до затискачів реактора. Послідовно з реактором включений малопотужний випрямляч В, який живиться від шин власних потреб; ланцюг реактор - випрямляч зашунтований діодом Д.

У нормальному режимі в контурі реактор - випрямляч - діод розвивається постійний струм, величина якого повинна бути більше розрахункової амплітуди змінного струму в кожному із приєднань БКТА. Тоді діод Д буде безупинно перебувати в провідному стані, щоб закоротити аноди й катоди тиристорних груп на приєднаннях.

При КЗ на одному із приєднань, під впливом різко зростаючої напруги на БКТА частина тиристорів замикається, і між аварійною й неушкодженими секціями включається реактор Р, що обмежує ударну півхвилю струму КЗ від неушкоджених секцій при доцільних для застосування реакторів на рівні, меншому подвійного значення

номінального струму трансформатора секції.

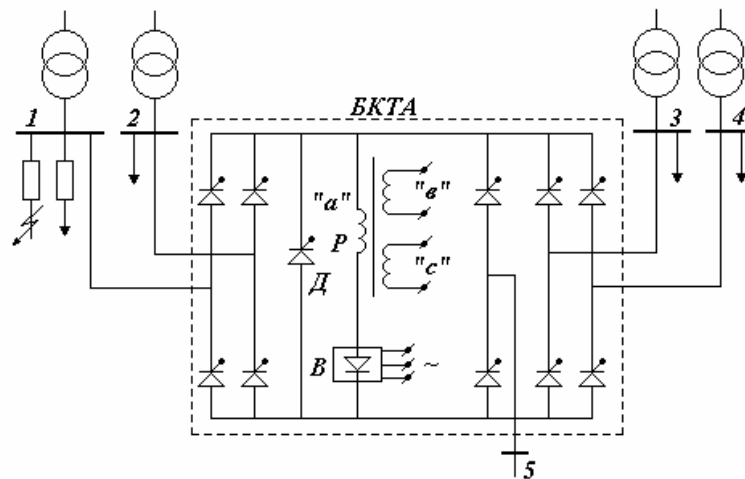


Рисунок 1 – Принципова схема БКТА на п'ять приєднань:

1-4 - паралельна робота чотирьох секцій; 5 - секція; Р – трифазний реактор; В – малопотужний випрямляч, який живиться від шин власних потреб; Д – діод, який шунтує ланцюг реактор-випрямляч

При швидкому блокуванні імпульсів управління на тиристорах, приєднаних до ушкодженої секції, струм підживлення припиняється за час порядку 0,01 с. На неаварійних секціях при цьому немає зниження напруги. Повторне включення з використанням БКТА й відновлення паралельної роботи всіх секцій може бути зроблене негайно після відключення аварійного фідера. При використанні БКТА легко реалізується принцип безперебійного живлення відповідальних споживачів, що не терплять навіть короточасних перерв електропостачання. Такі споживачі слід жити від шин, приєднаних до БКТА через окремий безконтактний комутатор (шини 5 на рис.1). Напруга на цих шинах не змінюється при аваріях або втраті живлення на три із чотирьох секцій збірних шин.

Список літератури

1. Розенберг В.А. Тиристорный выключатель в системе электроснабжения промышленных предприятий. - В кн.: Опыт проектирования и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1972. – 341 с.
2. Кучумов Л.А., Утегулов Н.И. Применение в распределительных электрических сетях сдвоенных реакторов в сочетании с токоограничивающими устройствами // "Электричество". – № 12. – 1976.
3. Кучумов Л.А. О путях преодоления противоречивых требований повышения качества электроэнергии и уменьшения уровней токов короткого замыкания // "Проблемы технической электродинамики". – № 64. – 1977. – С. 61-63.

МЕТОДИКА КОНТРОЛЮ СТАНУ ЗАХИЩЕНИХ ПРОВОДІВ ПРИ КОМПЛЕКСНІЙ ДІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ

Харченко В.Ф., Малихін М.С.

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61000*

На сьогодні в Україні організаційні та технічні вимоги до експлуатації об'єктів електроенергетики, в тому числі і повітряних ліній електропередач, визначаються [1]. Згідно з ним, на кожному енергооб'єкті для забезпечення надійної, економічної і безпечної його експлуатації повинен здійснюватись комплекс робіт щодо його ремонту та технічного обслуговування (ТО), організований відповідно до «Правил організації технічного обслуговування та ремонту обладнання, будівель і споруд електростанцій та мереж» [2] та інших НТД [1; 3]. У комплекс зазначених робіт на ПЛ входить перелік вимірювань та перевірки стану дерев'яних та залізобетонних конструкцій, опору проводів та заземлюючих пристроїв, а також габаритів ПЛ [2].

Визначення необхідності заміни або ремонту кожного з елементів ПЛ (у тому числі і проводів) проводиться згідно з протоколами перевірки на основі норм відбракування, визначених чинними НТД у галузі експлуатації ПЛ 0,4-10 кВ [3]. Для проводу ПЛ заміна виконується у разі зменшення площі його поперечного перерізу більше ніж на 17 % [3], але для контролю за станом проводу, інструменти та періодичність вимірювань площі поперечного перерізу провідників документами [1] не визначені.

Зазначені особливості та недостатність інструментального контролю вносить суттєві складнощі в систему інформаційного забезпечення розрахунків параметрів та режимів розподільних мереж.

Тому актуальною для експлуатації та розрахунків параметрів режиму в умовах недостатності інформаційного забезпечення є створення математичної моделі поведінки проводу під впливом зовнішніх чинників з урахуванням впливу непружних деформацій, процесів, пов'язаних зі старінням матеріалу з наступним обґрунтуванням та внесенням поправок до певних експлуатаційних НД у галузі періодичності проведення профілактичних вимірювань та контролю за перерізом провідників і механічними характеристиками ліній.

У відповідності до чинних методик визначення [4] та нормування технологічних витрат електричної енергії (ТВЕ), технологічні витрати активної електричної енергії та їх норматив для ЛЕП обчислюються за формулами:

$$\Delta W_n^{(p)} = aI^2 R_e k_f T \cdot 10^{-3},$$

де $\Delta W_n^{(p)}$ – розрахункові витрати активної енергії в проводах ПЛ;
 a – коефіцієнт, що для однофазної мережі дорівнює 2, для трифазної – 3;

I – значення струму, що протікає в елементі, А;

R_e – еквівалентний опір електричного кола, Ом;

k_f – коефіцієнт форми графіка навантаження;

T – час роботи обладнання протягом розрахункового періоду, год.;

$$\Delta W_n = \frac{W^2 (1 + \operatorname{tg}^2(\varphi)) k_f^2 R_e T}{U^2},$$

де ΔW_n – норматив витрат;

W – корисний відпуск електроенергії в мережу за розрахунковий період T , кВт·год;

$\operatorname{tg}(\varphi)$ – коефіцієнт реактивної потужності;

U – номінальна напруга мережі, кВ.

За інших рівних умов та за умов однакового навантаження значення ТВЕ та нормативу залежить лише від значення еквівалентного опору. Еквівалентний опір функціонально залежить від величини питомого опору матеріалу провідника, геометричних розмірів провідників, умов експлуатації та зовнішніх кліматичних факторів, зокрема від температури. Еквівалентний опір електричної мережі у випадку розрахунку ТВЕ вважається залежним лише від середньомісячної температури повітря, а у випадку нормування ТВЕ залежність опору від температури чи зміни геометричних параметрів не враховується взагалі. Виходячи з викладеного, недоврахування зміни еквівалентного опору як у нормуванні так і при розрахунку ТВЕ від інших зовнішніх факторів (температури, навантажень, терміну та умов експлуатації) приводить до заниження як розрахункових значень ТВЕ так і нормативу.

Список літератури

1. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила: ГКД 34.20.507-2003. – К.: ГРІФРЕ: МПЕ України, 2003. – 613 с.
2. Правила організації технічного обслуговування та ремонту обладнання, будівель і споруд електростанцій та мереж: ГКД 34.20.661-2003. – К.: ГРІФРЕ: МПЕ України, 2003. – 235 с.
3. Повітряні лінії електропередавання напругою 35 кВ і вище: інструкція з експлуатації: СОУ-Н ЕЕ 20.502:2007. – К.: ГРІФРЕ: МПЕ України, 2007. – 141 с.
4. Визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання. Методика: СОУ Н ЕЕ 40.1-37471933-54:2011 / Мін-во енергетики та вугільної промисловості: Офіц. вид. – К.: ГРІФРЕ, 2011. – 65 с.

КООРДИНАЦИЯ СУТОЧНЫХ РЕЖИМОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Харченко В.Ф., Тесленко М.С.

*Харьковский национальный университет городского хозяйства
имени А.Н. Бекетова ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61000*

Суточные графики электрических нагрузок электроэнергетических систем (ЭЭС) складываются из графиков отдельных потребителей, которые, как правило, крайне неравномерны. При этом известно, что плотность и неравномерность графика нагрузки оказывают сильное влияние на экономические показатели ЭЭС. Изменение графиков электрических нагрузок (потребляемой мощности) потребителей во времени дает возможность существенно скорректировать суммарный график электрической нагрузки ЭЭС в сторону снижения потребности в генерирующих мощностях, а также текущих издержек на производство и передачу электроэнергии.

Общепризнанным является тот факт, что выравнивание графиков электрических нагрузок путем заполнения ночных провалов и переноса нагрузок на непииковые (дневные и ночные) часы суток может осуществляться с внедрением государственных мер, внутриотраслевых мероприятий и на основе регулирования электропотребления непосредственно у потребителя.

На сегодняшний день особую актуальность приобрёл вопрос регулирования режимов электропотребления потребителей за счёт активного внедрения в системы электроснабжения (СЭС) новых средств и технологий автоматизации.

Вместе с тем до сих пор остаются нерешёнными вопросы оптимального функционирования СЭС с учётом активной роли потребителей.

В свою очередь различают три режима регулирования графика нагрузки: суточный, недельный и годовой. Достаточно подробно в [1] описаны способы суточного регулирования графика нагрузки. Так, выравнивание графика может осуществляться за счёт перевода наиболее энергоёмкого оборудования, работающего периодически, с часов максимума, на другие часы суток. Также в часы максимумов нагрузок энергосистемы целесообразно проводить на предприятиях текущие и профилактические ремонты технологического и энергетического оборудования. Снижение нагрузки также может достигаться путём рассредоточения по времени пусков крупных электроприёмников, создания запасов полуфабриката за счёт интенсификации их производства вне часов максимума.

Ещё одним мероприятием по выравниванию суточных графиков

нагрузки является смещение времени начала и окончания различных смен с целью совмещения с часами максимума нагрузки межсменных и обеденных перерывов на предприятиях; введением третьей (ночной) смены для энергоёмкого оборудования; введение разных выходных дней для предприятий.

Однако мероприятия по изменению режима работы связаны с изменением условий труда персонала предприятий, поэтому их осуществление может быть допущено только в крайних случаях. Одним из наивыгоднейших путей снижения пиков нагрузки является использование на промышленных предприятиях потребителя-регулятора [2]. При этом получаемая в энергосистеме экономия средств может превышать дополнительные затраты потребителя-регулятора.

Потребитель-регулятор – это потребитель, работающий только в часы суточного (ночного) или недельного (выходные дни) провала графика электрических нагрузок. В настоящее время под понятие потребителя-регулятора подпадают электропотребители с управляемой нагрузкой, влияющие на качество электрической энергии, надежность работы ЭЭС и оказывающие на возмездной договорной основе услуги по обеспечению вывода ЭЭС из аварийных ситуаций.

Предложена реализация метода оптимизации суточных режимов СЭС потребителей по критерию минимума затрат на покупку электрической энергии (мощности) для потребителей с использованием генетического алгоритма, как наиболее приемлемого метода для решения поставленной задачи. При этом рассмотрены три сценария взаимоотношений, которые могут возникнуть у потребителей и энергоснабжающих организаций в процессе покупки/продажи электроэнергии. Предложен метод определения компромиссного решения при взаимодействии энергоснабжающих организаций и потребителей в процессе координации суточных режимов СЭС и потребителей, на примере наиболее важного случая – дефицита электроэнергии (мощности) в энергосистеме.

Многофункциональные автоматические устройства управления на базе предлагаемого метода координации суточных режимов СЭС и АП в состоянии более эффективно решать задачи управления режимами СЭС и АП в режиме реального времени.

Список литературы

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – 2-е изд., стереотипное, перепечатка с издания 1989 г. / В.И. Идельчик – М.: ООО «Издательский дом Альянс», 2009. – 592 с.: ил.
2. Ханаев В.В. Потребители-регуляторы: возможности и перспективы применения / В.В. Ханаев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – №1. – С.59-63.

ЭЛЕМЕНТЫ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЕМ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Швец С.В.¹⁾, Воропай В.Г.²⁾

¹⁾*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

²⁾*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61000*

В электроэнергетической системе мира и Украины не первый год идет работа по «интеллектуализации сетей» – Smart Grid (SG). В настоящий момент идеология построения интеллектуальных сетей энергообеспечения SG [1]. Принципиально новыми являются подходы, при которых ведущая роль отводится ядру энергосистемы – электрической сети как структуре, обеспечивающей эффективность связи генерации и потребителя.

В то же время пока не существует комплексной концепции формирования структурно-параметрической организации элементов энергосистемы и информационно-интеллектуальных основ повышения эффективности управленческих технологий на основе SG.

Предпосылки интереса мирового сообщества к идее развития концепции SG очевидны: растут показатели потребления ресурсов, повышается стоимость производства электроэнергии, существующие сети поставки энергоресурсов резко реагируют на колебания в экономической сфере.

С ростом требований мирового сообщества используемые модели производства и поставки энергетических ресурсов перестают быть удовлетворительными; например, текущий объем потерь электроэнергии в сетях Украины составляет более 25%. Эти и другие причины подталкивают правительства и энергогенерирующие предприятия различных стран к скорейшей реализации принципов концепции SG.

В целом к сетям энергоснабжения, развиваемым в рамках концепции SG, можно выдвинуть следующие требования: адаптивность, эффективность, доступность и возможность обратной связи, надежность, информационная обеспеченность, усложнение и интеграция функций SG [2].

В настоящий момент наиболее остро стоит проблема развития энергосистем как одного из элементов электроэнергетической системы Украины с целью повышения эффективности использования энергоресурсов и снижения цен для потребителей.

Концепция сетецентричности подразумевает формирование и поддержание в актуальном состоянии единого для всей системы образа реальной ситуации в максимально понятном и простом виде. Используемое информационное поле должно позволять воспринимать весь образ системы

как единое целое на данном временном промежутке с учетом отклика системы на текущие изменения ее состояния под воздействием различных факторов [2].

Успешное решение задач управления в рамках сетецентрического подхода заключается в поддержании этого образа в максимально полном и достоверном состоянии. и реализации положений принципа Situational Awareness [3] (комплексное интегрированное восприятие и анализ в интересах единой системы).

Несмотря на то, что понятие интеллектуальная электросеть может толковаться по-разному, очевидно, что интеллектуальная коммуникационная сеть является основой интеллектуальной энергосистемы [4].

Предприятия электроэнергетики вкладывают средства в коммуникационные сети для улучшения ситуационной осведомленности о ресурсах энергосистемы с целью автоматизации, интеграции систем и управления ими.

Украинская информационная система требует более высокого уровня структурно-параметрической организации элементов энергосистемы и должна развиваться на основе принципов функционирования больших систем. Однако это требует перестройки не только присоединяемых локальных элементов энергосистемы, но и всей глобальной информационной сети (совокупности распределенных энергетических объектов).

Решение задачи осложняет наличие слабых и в то же время протяженных информационно-управленческих связей на больших территориях, что ограничивает возможность сбора и анализа больших потоков информации. То есть в нашей стране, ее регионах и городах требуется технико-организационное обеспечение качественно нового уровня структурно-параметрической организации элементов энергосистем, в том числе с учетом перспективных задач развития.

Список литературы

1. Smart grid// <http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm>
2. Сокол Е.И., Гриб О.Г., Швец С.В. Структурно-параметрическая организация элементов энергосистемы в условиях сетецентризма// Електротехніка і електромеханіка. – 2016. – №2. – С. 61-64.
3. Mica R. Endsley, Daniel J. Garland, Situation awareness: analysis and measurement, Lawrence Erlbaum Associates, 2000, ISBN 0805821341, 9780805821345.
4. Сокол Е.И., Гриб О.Г., Швец С.В. Сетецентрическая оптимизация оперативного обслуживания элементов энергосистемы // Електротехніка і електромеханіка. – 2016. – №3. – С. 67-72.

СЕКЦИЯ 7. РАДИОФИЗИКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА

УЧЁТ НЕСОВПАДЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЮСОВ ПРИ ТЕОРЕТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЛАЗМЫ, ИНДУЦИРОВАННОГО ВЕТРОМ НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Гринченко С.В.¹⁾, Дзюбанов Д.А.²⁾

¹⁾ *Институт ионосферы, г. Харьков, ул. Курничёва, 16, 61002, svgrinchenko@gmail.com, iion.org.ua*

²⁾ *Национальный технический университет «ХПИ», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002, dzyubanov@gmail.com, www.kpi.kharkov.ua*

Движение ионосферной плазмы определяется процессами диффузии, увлечением нейтральными ветрами и электрическим дрейфом.

Одной из составляющих скорости движения ионов (в частности, ионов O^+) ионосферной плазмы является скорость $\vec{\omega}$ в нейтральной среде вдоль силовых линий магнитного поля Земли. Абсолютное значение проекции вектора $\vec{\omega}$ на направление вектора напряжённости \vec{H} магнитного поля Земли совпадает с модулем $\omega = |\vec{\omega}|$ вектора скорости. Проекция вектора $\vec{\omega}$ на направление вектора \vec{H} равно проекции вектора \vec{v}_n на то же направление: $Pr_{\vec{H}} \vec{\omega} = Pr_{\vec{H}} \vec{v}_n = \frac{(\vec{v}_n \cdot \vec{H})}{|\vec{H}|}$.

Вектор напряжённости магнитного поля $\vec{H} = (H_x, H_y, H_z) = H \cdot (\cos I \cdot \cos D, \cos I \cdot \sin D, \sin I)$, где углы D и I – склонение и наклонение магнитного поля [1, 2, 3]. Вектор скорости нейтрального ветра $\vec{v}_n = (v_{nx}, v_{ny}, v_{nz}) = (v_{n\phi}, v_{n\lambda}, -v_{nr})$. Поэтому

$$\begin{aligned} Pr_{\vec{H}} \vec{\omega} &= \frac{(\vec{v}_n \cdot \vec{H})}{|\vec{H}|} = \frac{v_{nx} H_x + v_{ny} H_y + v_{nz} H_z}{H \sqrt{\cos^2 I \cdot \cos^2 D + \cos^2 I \cdot \sin^2 D + \sin^2 I}} = \\ &= \frac{v_{nx} H_x + v_{ny} H_y + v_{nz} H_z}{H \sqrt{\cos^2 I \cdot (\cos^2 D + \sin^2 D) + \sin^2 I}} = \frac{v_{nx} H_x + v_{ny} H_y + v_{nz} H_z}{H \sqrt{\cos^2 I + \sin^2 I}} = \\ &= \frac{v_{nx} H_x + v_{ny} H_y + v_{nz} H_z}{H} = v_{nx} \cos I \cdot \cos D + v_{ny} \cos I \sin D + v_{nz} \sin I = \\ &= (v_{nx} \cos D + v_{ny} \sin D) \cdot \cos I + v_{nz} \sin I. \end{aligned}$$

Проекция вектора скорости $\vec{\omega}$ на ось z равна $\omega_z = Pr_{\vec{H}} \vec{\omega} \cdot \sin I$.

Радиальная проекция вектора скорости движения ионов вдоль магнитной силовой линии

$$\omega_r = -\omega_z = -Pr_{\vec{H}} \vec{\omega} \cdot \sin I = -(v_{nx} \cos D + v_{ny} \sin D) \cdot \cos I \cdot \sin I - v_{nz} \sin^2 I =$$

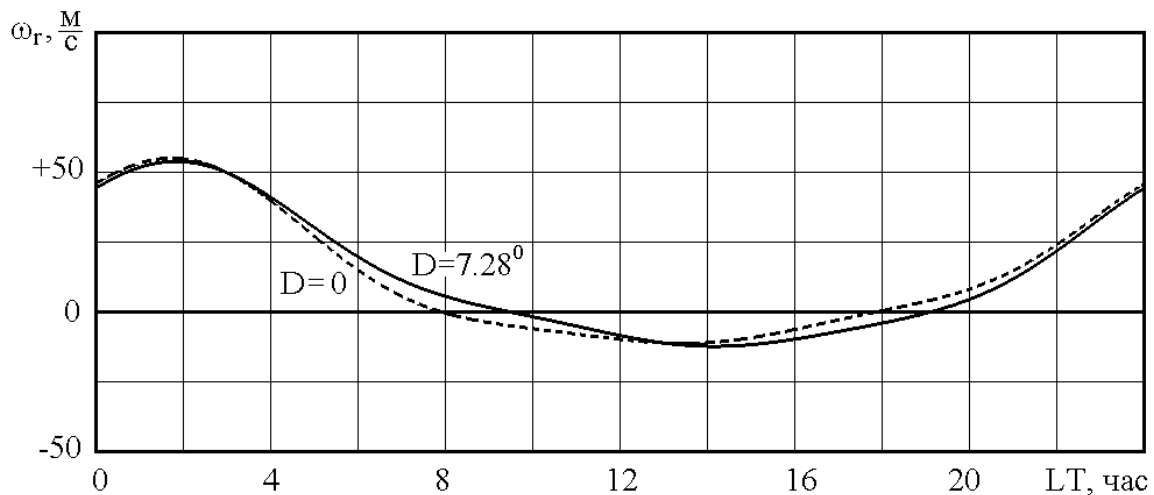
$$= -(v_{n\phi} \cos D + v_{n\lambda} \sin D) \cdot \cos I \cdot \sin I + v_{nr} \sin^2 I.$$

Величину ω_r можно назвать радиальной составляющей скорости движения ионов в нейтральной среде вдоль магнитных линий.

Для случая горизонтальных нейтральных ветров, когда $v_{nr} = 0$, скорость $\omega_r = -(v_{n\phi} \cos D + v_{n\lambda} \sin D) \cdot \cos I \cdot \sin I$.

Если дополнительно пренебречь склонением ($D \approx 0$), скорость $\omega_r = -v_{n\phi} \cdot \cos I \cdot \sin I$.

На рисунке представлены результаты вычисления радиальной проекции вектора скорости движения ионов вдоль магнитной силовой линии в день осеннего равноденствия на высоте 300 км над Харьковом при магнитоспокойных условиях ($A_p = 2$) и уровне солнечной активности, характеризующимся индексом $F_{10.7} = 100$, при учёте несовпадения магнитного и географического полюсов (угол склонения над Харьковом равен 7.28°), а также при пренебрежении им.



Пренебрежение углом склонения приводит к некоторым погрешностям вычисления скорости движения плазмы, что влечёт погрешности в теоретических расчётах электронной концентрации. Очевидно, что для расчётов вблизи полюсов данная погрешность будет недопустимо значительной.

Список литературы

1. W. H. Campbell. Introduction to Geomagnetic Fields. – New York: Cambridge University Press, 2007. – 337 pp.
2. R. T. Merrill, M. W. McElhinny, P. L. McFadden. The Magnetic Field of the Earth: Paleomagnetism, the Core, and the Deep Mantle. – London: Academic Press Limited, 1996. – 526 pp.
3. J. A. Jacobs. Reversals of the Earth's Magnetic Field. – New York: Cambridge University Press, 2005. – 346 pp.

ВАРИАЦИИ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР В ИОНОСФЕРЕ НАД ХАРЬКОВОМ НА ФАЗЕ РОСТА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Сюсюк М.Н.¹⁾ Котов Д.В.²⁾

¹⁾*Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002*

E-mail: syusyukmarina@gmail.com

²⁾*Институт ионосферы НАН и МОН Украины, ул. Кирпичова, 16, г. Харьков, Украина, 61002*

Цель данной работы: представить вариации температур электронов и ионов, полученных с помощью радара некогерентного рассеяния Института ионосферы НАН и МОН Украины на фазе роста 24-го цикла солнечной активности, а также сравнить полученные результаты с соответствующими данными модели ионосферы IRI-2012 (International Reference Ionosphere).

В процессе анализа было подтверждено, что для адекватного описания процессов в ионосфере требуется системный подход, учитывающий, в частности, взаимодействие областей ионосферы, расположенных в магнитосопреженных областях.

Сравнение экспериментальных данных с данными модели IRI-2012 показало, что модель IRI-2012 завышает значения температур электронов и ионов для ночного периода, и занижает их для дневного времени суток. Разница в температурах составляла в ночное время в среднем около 500 К, а в дневное около 800 К. При этом, экспериментальные данные температур ионов хорошо согласуются с модельными данными. На протяжении всех суток различия не превышали 200 К.

Проанализирован эффект появления околополуденного провала температуры электронов в сезоны равноденствий. Весной и осенью отмечался рост температур и образование утреннего максимума, после в полуденные часы происходил спад температуры на 200 К и 350 К, соответственно, и ее дальнейший повторный рост с образованием вечернего максимума. Определено, что появление данного провала тесно связано с процессами теплообмена в ионосфере. Так, с ростом солнечной активности ($F_{10,7} \geq 110$) и наличием в ионосферной плазме большой концентрации электронов ($n_e \geq 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-3}$), увеличивается скорость обмена теплом между электронами и ионами, что и приводит к временному снижению температуры электронов.

Отмеченные закономерности следует учитывать при коррекции модели ионосферы для Центрально-Европейского региона.

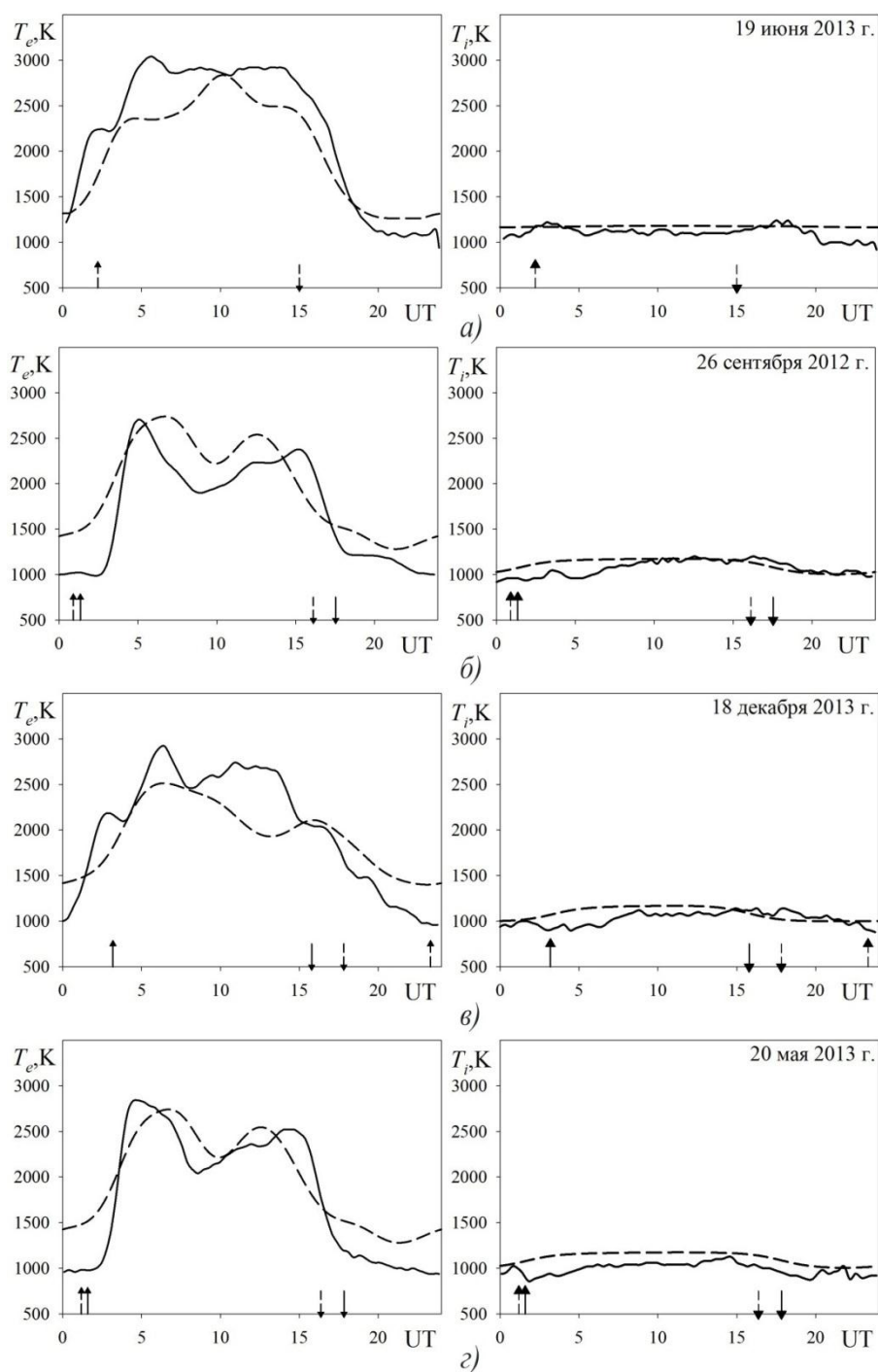


Рисунок 1 – Суточные вариации температур электронов и ионов. Сплошной линией показаны экспериментальные данные для (а) 19 июня 2013 г.; (б) 26 сентября 2012 г.; (в) 18 декабря 2013 г.; (г) 20 мая 2013 г. Штрихованными линиями показаны соответствующие данные модели IRI-2012. Сплошными стрелками показаны моменты восхода и захода Солнца на высоте 400 км над обсерваторией, штриховыми стрелками – соответствующие моменты для магнитосопрежённой области.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ВОДОРОДА ВО ВНЕШНЕЙ ИОНОСФЕРЕ В ПЕРИОД МАКСИМУМА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ПО ДАННЫМ МЕТОДА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

Шульга М. А.

Институт ионосферы, г. Харьков, ул. Кирпичёва, 16, 61002

e-mail: marina.shulga23@gmail.com

Метод некогерентного рассеяния (НР) радиоволн является одним из самых эффективных методов в радиофизике и позволяет получать информацию об основных ионосферных параметрах (N_e , T_i , T_e , V_d ионном составе) и их вариациях для длительного периода времени и в широком диапазоне высот.

Исследование высотно-временных вариаций ионного состава внешней ионосферы имеет важное фундаментальное и прикладное значение. Результаты таких исследований приводят к лучшему пониманию взаимодействия ионосферы и плазмосферы.

Ионы водорода H^+ являются самыми лёгкими ионами в наиболее удалённой части земной атмосферы. Вследствие этого, высотно-временные вариации как абсолютной так и относительной концентраций ионов H^+ в значительной мере подвержены влиянию химических и динамических процессов (таких как амбиполярная диффузия или нейтральные ветры), которые ответственны за ионосферно-плазмосферное взаимодействие. Помимо этого, значительное влияние на поведение H^+ имеет процесс резонансного обмена зарядом между ионами (атомами) водорода и атомами (ионами) кислорода, который может существенно модифицировать их распределение в верхней ионосфере.

Таким образом, надёжные результаты экспериментальных наблюдений лёгких ионов (в данном с) в верхней ионосфере очень важны. Полученные результаты позволят получить более качественную оценку эффективности влияния динамических и химических процессов в верхней ионосфере на наблюдаемые вариации относительной концентрации ионов водорода $N(H^+)/N_e$ при различных состояниях космической погоды.

Проведено исследование высотно-временных вариаций относительного содержания ионов водорода в верхней ионосфере, используя данные радара некогерентного рассеяния Института ионосферы для 23-го и 24-го цикла солнечной активности, сопоставление полученных вариации $N(H^+)/N_e$ с результатами, предоставляемыми эмпирической (IRI) и физической (SAM3) моделями и предложены возможные объяснения отличий между данными наблюдений и прогнозами моделей.

На рисунке 1 представлены результаты данного исследования в виде вариаций экспериментальных и модельных оценок параметра $N(H^+)/N_e$.

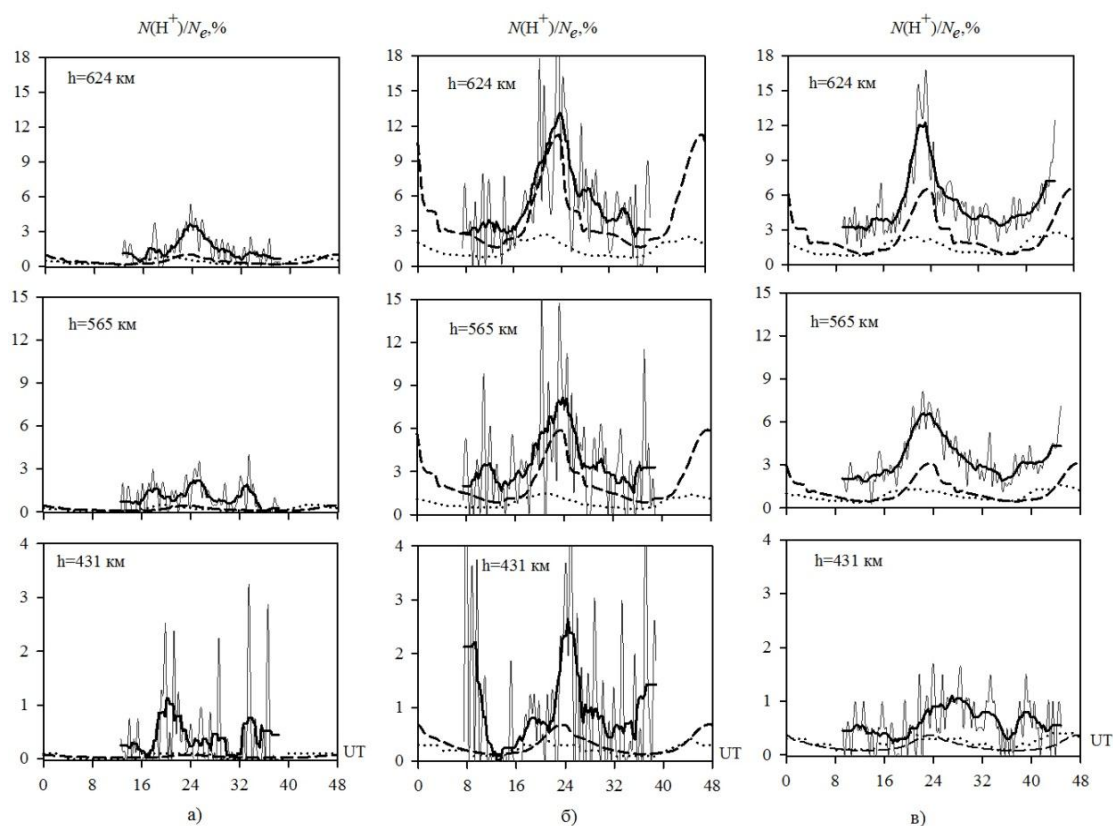


Рисунок 1 – Высотно-временные вариации параметра $N(H^+)/N_e$ 1 – 2 июля 2000 г. (а), 15 – 16 июня 2004 г. (б), 19 – 20 июня 2012 г. (в). Тонкая сплошная линия показывает экспериментальные данные, точечная и пунктирная – данные моделей IRI-2012 и SAMI3 соответственно. Толстая сплошная линия показывает усреднённые экспериментальные данные

Установлено, что в исследуемом диапазоне высот концентрация ионов H^+ увеличивается с высотой, достигая максимальных значений в ночное время суток. Предположительно основными причинами являются нисходящие потоки ионов H^+ из плазмосферы. Сравнение результатов, полученных с помощью харьковского радара некогерентного рассеяния для 23-го и 24-го максимумов солнечной активности, подтвердило известный факт, что величина $N(H^+)/N_e$ уменьшается с увеличением солнечной активности. Представленные результаты сравнения наблюдаемых вариаций $N(H^+)/N_e$ и прогнозов моделей IRI и SAMI3 позволили выявить, что модели значительно занижают содержание ионов водорода в ночные часы.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

1. <i>Ащепкова Н.С., Капера С.С.</i> Адаптивна система керування моделі транспортного робота	3
2. <i>Бурау Н.І., Вознюк А.І.</i> Моделювання впливу нерівностей доріг на динамічні характеристики наземних рухомих об'єктів	5
3. <i>Волошенюк О.Л.</i> Проверка правильности математического описания динамики космической тросовой системы	7
4. <i>Волянский Р.С.</i> Динамическая система переменной размерности	9
5. <i>Довгальук Б.П.</i> Комп'ютерна система контролю окиснення чавуну на фурмах доменної печі	11
6. <i>Дорошенко Ю.И., Сальников Д.В.</i> Исследование методов оптимизации ASWM алгоритма фильтрации изображений	13
7. <i>Евсеенко О.Н.</i> Построение и моделирование теплового состояния помещения в зависимости от внешней температуры.....	15
8. <i>Зуев А.А., Лунин Д.А.</i> К вопросу о применении мультикоптеров для мониторинга технических объектов.....	17
9. <i>Ивашко А.В., Лунин Д.А.</i> К выбору разрядности процессоров цифрового спектрального анализа	19
10. <i>Караман Д.Г.</i> Особенности реализации физически неклонируемых функций на программируемых логических интегральных схемах	21
11. <i>Ошаровская Е.В., Патлаенко Н.А.</i> Устранение эффекта Гиббса при обработке изображений	23
12. <i>Паздрій О.Я.</i> Моделювання та цифрова обробка нестационарних вібраційних сигналів складної роторної системи.....	25
13. <i>Псярнецька Т.О., Смоквина В.В., Цисар М.О., Девицький О.А., Чепугов О.П.</i> Автоматизація роботи приладу для тривимірної аналізу шорсткості поверхні	27

14. Сапегин А. Н., Суровцев А. А., Пономаренко А. В.	
Твердотельный волновой гироскоп как датчик угловой скорости навигационной системы	29
15. Шостак А.В., Дорошенко Ю.И.	
Показатель фрактальности временных рядов уязвимостей программного обеспечения	31

СЕКЦІЯ 2. МЕДИЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

1. Бородай И.И., Кунденко Н.П.	
Обоснование требований к электронным системам для измерения количества этилена в фруктохранилищах	33
2. Воропай В.С., Шураев А.А.	
Применение методов регистрации электрической активности мозга при диагностике дисфункции обоняния.....	35
3. Глухенькая Т.А., Кипенский А.В., Король Е.И.	
Экспертная оценка медицинской эффективности процедур внутривенной инфузии озонированного физиологического раствора.....	37
4. Долгопятенко А.Д., Мотко А.В., Аврунин О.Г., Чиж Н.А.	
Разработка инсuffлятора для экспериментальной эндоскопической хирургии.....	40
5. Драган Е.О., Поворознюк А.И.	
Фрактальная обработка медицинских изображений	42
6. Карпенко В.В., Іванушкіна Н.Г., Іванько К.О.	
Цифрова обробка ехокардіограм для виявлення запальних процесів серця.....	44
7. Келембет Е.Т., Аврунин О.Г.	
Возможности построения интеллектуальных средств оценки возникновения осложнений во время беременности.....	46
8. Колесник К.В., Томашевский Р.С.	
Современные требования к контролю качества электронной медицинской аппаратуры.....	48
9. Колесник К.В., Шишкин М.А., Папирный К.А.	
Использование модулей ARDUINO для передачи биомедицинской информации.....	50
10. Мещанинов С.К., Гупало Ю.Ю.	
Метод контроля психофизического состояния машиниста локомотивного состава	52
11. Нікітюк Н.О., Іванько К.О., Іванушкіна Н.Г.	
Цифровий аналіз ультразвукових зображень для виявлення хромосомних патологій плода	54
12. Носова Я.В., Аврунин О.Г.	
Устройство количественной оценки степени нарушения обоняния...	56

13. <i>Перепелица А.Н., Наконечный И.М.</i>	
Сегментация трехмерных изображений на основе компьютерной томографии.....	58
14. <i>Попрядухин В., Федюшко Ю.М.</i>	
Обоснование требований к электронным системам для лечения гинекологических болезней животных.....	60
15. <i>Потатий Д.Ю., Аврунин О.Г.</i>	
Физиотерапевтическая система комбинированного воздействия с использованием ультразвуковых колебаний и инфракрасного излучения	62
16. <i>Романова Е.С., Кононенко Т.С.</i>	
3D моделирование в эстетической медицине	64
17. <i>Сапотюк С.М., Иванушкина Н.Г., Иванько К.О.</i>	
Фільтрація електрокардіосигналів високого розрізнення	66
18. <i>Селиванова К.Г., Худайбердиев Вена</i>	
Виртуальный тренажер для развития мелкой моторики рук	68
19. <i>Смелянец А.В., Шуляк О.П., Шачиков А.Д.</i>	
Обнаружитель QRS-комплексов заданных типов в электрокардиограмме пациента в системе, обучаемой с учителем	70
20. <i>Сокол Е.И., Лапта С.С., Соловьева О.И.</i>	
Способы компьютерной обработки данных ПТТГ пациента для ранней диагностики СД2	72
21. <i>Степанова А.О., Иванько К.О., Иванушкина Н.Г.</i>	
Аналіз електрокардіосигналів для прогнозування припинення епізодів фібриляції передсердь.....	74
22. <i>Федюшко А.Ю., Черенков А.Д.</i>	
Требования к источникам КВЧ диапазона для уничтожения вредной микрофлоры на фруктоплодах.....	76
23. <i>Фильзов М., Тымкович М.Ю.</i>	
Использование технологии быстрого прототипирования для задач натурного предоперационного планирования и обучения.....	78
24. <i>Шачиков А.Д., Шелофаст В.А., Шуляк О.П.</i>	
Локализация информативных бинарных признаков типов QRS-комплексов для их определения в электрокардиограмме пациента... 	80
25. <i>Шачиков А.Д., Шелофаст В.А., Шуляк О.П.</i>	
Сочетания отсчетов характеристики формы QRS-комплексов как бинарные признаки их распознавания в электрокардиограмме пациента	82
26. <i>Швец С.Н., Победа Т.В., Безкоровайный В.С.</i>	
Возможности обеспечения термобезопасности имплантируемых устройств.....	84

27. Шиндерук Т.Д., Павленко Ж.О., Цуканова І.В. Можливість автоматизації мікропереміщень адаптера лазерного інструмента при здійсненні малоінвазивних офтальмологічних операцій.....	86
28. Шуляк А.П., Сикач А.В. Информативность отведений электрокардиограммы в распознавании типов QRS-комплексов с учетом распределений критерия принятия решений.....	88
29. Щапов П.Ф., Томашевский Р.С., Доценко З.А., Корнеева Е.Р. Выбор информативных параметров измерительных сигналов в динамически активном биофизическом эксперименте.....	90

СЕКЦІЯ 3. ПРИЛАДИ І МЕТОДИ КОНТРОЛЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ РЕЧОВИН

1. Баженов В.Г., Івіцька Д.К. Модельовання ємнісного давача складної форми.....	92
2. Безымянный Ю.Г., Высоцкий А.Н., Колесников А.Н., Назаренко В.А., Талько О.В. Исследование модуля упругости ламинатов Ni+Cu и Ni+Ti+Cu акустическими методами.....	94
3. Безымянный Ю.Г., Козирацкий Е.А., Комаров К.А., Куда А.А., Отыченко О.Н., Сыч Е.Е., Товстоног А.Б. Особенности и результаты определения динамических характеристик упругости материалов медицинского назначения на основе биогенного гидроксипатита.....	96
4. Бурау Н. І., Рупіч С.С. Нейронна мережа для багатокласової діагностики об'єктів.....	98
5. Глоба С.М., Вяткін В.С., Гаврюшенко Д.А., Тутиніна О.В. Основні вимоги щодо вибору засобів радіографічного контролю зварних з'єднань	100
6. Глоба С. М., Лемішка А. А. Дослідження електричного методу неруйнівного контролю стану трансформаторного масла.....	102
7. Глоба С.М., Нахмедов С.Н. Основні вимоги щодо технології проведення капілярного контролю	104
8. Глоба С. М., Тітов Д.В. Метод вимірювання енергії електронів на прискорювачі ЛУ-10 за допомогою дозиметричного клину	106
9. Мигущенко Р.П. , Сучков Г.М., Петрищев О.Н., Познякова М.Е., Тосхопаран В.В. Контроль качества изделий с неплоской поверхностью электромагнито-акустическими преобразователями	108

10. Плеснецов С.Ю., Сучков Г.М., Митин А.В.	
Обнаружение импульсами волн Релея несплошностей поверхности металлоизделий, имеющих сложную форму.....	110
11. Сіренко М.М., Бабкіна К.О., Яковлюк М.С.	
Аналіз інструментальних методів визначення витоків горючих газів.....	112
12. Слободчук А. Ю., Глоба С. М., Хомяк Ю. В.	
Исследование экранированного ортогонального вихретокового преобразователя.....	114
13. Смолін Ю.О., Константинов О.А., Рахмонов Р.Х.	
Устатковина для проведення лабораторних досліджень датчиків частоти обертання.....	116
14. Тищенко А. А., Провандовский В.Л., Киданов А.С.	
Электромагнитный контроль параметров металлических изделий.....	118
15. Хомяк Ю.В., Крамаренко Д.С., Демченко О. Ю	
Налаштування АВК та реалізація АД–діаграм в ультразвуковому дефектоскопі USE-55 PRO	120

СЕКЦІЯ 4. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ І СИСТЕМИ

1. Балев В.Н.	
Элементная база виртуальных средств измерений.....	122
2. Борисенко Є.А., Жук С.С.	
АСУ ТП виробництва цементу за сухим способом	124
3. Борисенко Є.А. Корж С.П.	
Роботизована система переміщення товарів по складському приміщенню	126
4. Боцюра О.А.	
Проблемы реализации байесовского подхода к оцениванию неопределенности измерений.....	128
5.Бровко Я.С.	
Обґрунтування застосування моделей Вінера і Гамерштейна в нелінійних інерційних вимірювальних каналах тиску	130
6.Герасимов С.В., Наконечний О.А.	
Метод аналізу вихідного сигналу динамічного об'єкта при контролі технічного стану	132
7.Глухова Н.В., Корсун В.І., Пісоцька Л.А.	
Контроль якості біологічних властивостей води методом газорозрядного випромінювання.....	134
8.Горкунов Б.М., Веприв Л.В., Шибан Тамер	
Выбор частоты питания электромагнитного преобразователя при измерении удельного электрического сопротивления.....	136

9.Горкунов Б.М., Львов С.Г., Иркиевский Ю.А.	
Разработка феррозондового преобразователя для измерения неоднородности магнитного поля.....	138
10.Горкунов Б.М., Львов С.Г., Курило В.В.	
Установка для тарировки вимірювальних систем з датчиками Холла.....	140
11. Григоренко І.В., Безбородий Є.А.	
Мікроконтролерний вимірювач параметрів технологічного процесу виготовлення кефіру.....	142
12.Григоренко І. В., Буличова К.В.	
Аналіз можливості використання нейронної мережі для контролю працездатності лазерної системи.....	144
13.Григоренко І.В., Залужна Ю.М.	
Вдосконалення системи моніторингу параметрів технологічного процесу виготовлення керамічної плитки	146
14.Григоренко І.В., Михайличенко А.М.	
Цифровий блок контролю параметрів середовища в акваріумі.....	148
15.Григоренко І.В., Сікора Н.С.	
Цифровий вимірювач параметрів технологічного процесу виготовлення вина	150
16.Дубровський Є.С., Кайдалов О.Л., Лисенко В.В., Павлюк Г.О.	
Система бездротового зв'язку з мікропроцесорними вимірювальними приладами.....	152
17.Кондрашов С.І., Завада І.Ю.	
Метрологічне забезпечення приладу для вимірювання твердості жирів.....	154
18.Кропачек О.Ю., Мигущенко Р.П., Щапов П.Ф., Луценко Л.В.	
Аналіз невизначеності динамічних сигналів діагностичної інформації.	
19. Лавріненко О.В.	
Диагностика ГРМ ДВС с использованием методов статистической теории распознавания образов	156
20. Мигущенко Р.П., Реброва О.М., Коржов І.М.	
Постановка задачі застосування дискретного вейвлет перетворення для діагностики та контролю вібраційних об'єктів.....	158
21.Опришкіна М.І., Вежичанін Р.О.	
Корекція коефіцієнту потужності	160
22. Ордец Е.Н., Дроздова Т.В.	
Определение металломагнитных примесей при производстве овсяных хлопьев	162
23.Тверитникова О.Є.	
О.Б. Брон – засновник напряму низьковольтного електроапаратобудування в Україні (до 120-річчя зі дня народження).....	164

24.Ткачук А.А., Мороз С.А., Лапченко Ю.С.	
Аналіз можливостей форсування випробувань на довговічність підшипникових опор.....	168
25.Тополов І.І., Мішин Д.В.	
Дистанційно-керований вимірювально-інформаційний комплекс...	170
26.Тополов І.І., Нагула К.О., Чуніхіна Т.В.	
Система прецизійного контролю витрати пального ДВЗ на довгострокових стендових випробуваннях.....	172
27.Шиманов М.М., Кондрашов С.І.	
Інтелектуальний вимірювач тиску	174
28. Штефан І.Ю., Штефан Н.В.	
Проблеми метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем.....	176

СЕКЦІЯ 5. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ У ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДАХ

1. Бойко Н.И., Макогон А.В, Цвиров М.С.	
Воздействие сильных импульсных электрических полей на биологические клетки	178
2. Гетьман А.В.	
Досвід забезпечення магнітної сумісності вітчизняних космічних апаратів за допомогою просторових гармонік магнітного поля	180
3. Резинкин О.Л., Данилюк А.Р., Гученко А.Н.	
Влияние избыточного давления среды на электрическую прочность закраины конденсаторной секции	182
4. Резинкин О.Л., Ревуцкий В.И.	
Требования предъявляемые к генераторам для проведения испытаний на ЭМС их конструктивное исполнение	184
5. Руденко С.С.	
Розробка засобів інтерпретації результатів зондування ґрунту	186

СЕКЦІЯ 6. ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

1. Воропай В.Г., Пінчук В.А.	
Оцінка похибок цифрових вимірювачів коефіцієнту несинусоїдальності	188
2. Воропай В.Г., Фоменко Д.В.	
Вплив нестабільності частоти мережі на якість електроенергії	190
3. Гриб О. Г., Белов Н.С., Гапон Д.А.	
Актуальность внедрения сетцентрического управления электроэнергетическим комплексом Украины	192

4. Гриб О. Г., Белов Н. С., Иерусалимова Т.С.	
Кибербезопасность в энергетическом комплексе Украины	194
5. Орнатський Д.П., Марченко Н.Б., Добржанська Б.В.	
Мікропроцесорна система релейного захисту з покращеними техніко-економічними показниками.....	196
6. Рудевич Н.В.	
Ключові професійні компетентності інженерів з автоматизації енергосистем.....	198
7. Сендерович Г.А., Дяченко А.В.	
Алгоритм расчета производных кривых напряжения и активной мощности	200
8. Харченко В.Ф., Доценко В.В.	
Підвищення ефективності роботи систем електропостачання підприємств	202
9. Харченко В.Ф., Малихін М.С.	
Методика контролю стану захищених проводів при комплексній дії експлуатаційних факторів.....	204
10. Харченко В.Ф., Тесленко М.С.	
Координация суточных режимов систем электроснабжения и потребителей	206
11. Швець С.В., Воропай В.Г.	
Элементы сетецентрического управления обслуживанием энергосистемы.....	208

СЕКЦИЯ 7. РАДИОФИЗИКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА

1. Гринченко С.В., Дзюбанов Д.А.	
Учёт несовпадения географических и магнитных полюсов при теоретическом моделировании скорости движения плазмы, индуцированного ветром нейтральной среды	210
2. Сюсюк М.Н., Котов Д.В.	
Вариации плазменных температур в ионосфере над Харьковом на фазе роста солнечной активности.....	212
3. Шульга М.А.	
Исследование вариаций относительной концентрации ионов водорода во внешней ионосфере в период максимума солнечной активности по данным метода некогерентного рассеяния	214

Наукове видання

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

**Матеріали
III Всеукраїнської науково-технічної конференції**

08-09 грудня 2016

Українською та російською мовами

Відповідальний за випуск доц. Т.В. Чуніхіна

Художник І.І. Тополов

На обкладинках:

Електротехнічний корпус НТУ «ХП»

Особняк, що належав проф. Миколі Сомову, вул. Максиміліанівська 11

В авторській редакції